

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**ZAJIŠTĚNÍ SVAHU SESUVNÉHO ÚZEMÍ JIHOVÝCHODNÍ
ČÁSTI BŘEHU STŘÍBRNÉHO RYBNÍKA V OBLASTI SILNICE
TEPLICE – ÚJEZDEČEK (BÝVALÝ DŮL LIEBIG)**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Petr Horák

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jindřich Šancer, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Horák

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

2102T012 Využívání zdrojů stavebních nerostných surovin

Téma:

Zajištění svahu sesuvného území jihovýchodní části břehu Stříbrného rybníka v oblasti silnice Teplice - Újezdeček (bývalý důl Liebig)
Slope stabilization at the landslide area of the southeastern part of the Silver pond in the area of Teplice - Újezdeček (former Liebig mine).

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Geotechnický popis zájmové oblasti
3. Možnosti sanace a monitoringu
4. Vlastní návrhy sanace a monitoringu
5. Technicko-ekonomické zhodnocení
6. Závěr

Rozsah diplomové práce 50 - 70 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

ZÁRUBA, Quido., Vojtěch MENCL. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. 2. vyd. Praha: Academia, 1987, 340 s. ISBN 21-033-87

DUNCAN C. WYLLIE, CHRISTOPHER W. MAH. *Rock Slope Engineering - Civil and Mining*, 4th edition, New York Spon Press, 2004, 480s. ISBN 978-0415280013

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jindřich Šancer, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018


doc. Ing. Jiří Botula, Ph.D.
vedoucí institutu




doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.
děkan

Prohlášení autora diplomové práce

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo-diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 13. 07. 2018

Bc. Petr Horák

podpis: 

Anotace:

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou sesuvu a jeho zajištění v oblasti bývalého hnědouhelného lomu Liebig. Tato práce popisuje geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry oblasti s návrhem řešení zajištěním sesouvajících se svahů v prostoru bývalých lomových etází. Zde již dříve rekultivace proběhla, ale nebyla příliš zdařilá. Dále zde navrhuji modelaci terénu s možností drenážních a rekultivačních opatření v sanované oblasti. Hodnotím také technicko-ekonomickou stránku zásahu a navrhuji možnosti využití území.

Klíčová slova:

svah, sesuv, jíl, stabilita, rekultivace, sukcese, smyková plocha, svahová deformace, monitoring, cyklostezka.

Summary:

This diploma thesis focuses on landslides and its fixing in the district of former brown-coal mine Liebig. This thesis describes geological, hydrogeological and geotechnological characteristics of this area and suggests the solution, how to fix the landsliding slopes in the area of former mine layers. The restoration of this area was not very successful in the past. I also recommend the options of drainage and reclamation in remediated area. I also evaluate the technical and economical side of such an intervention and offer several possibilities of further usage of the area.

Keywords:

slope, slide clay, stability, reclamation, ecological succession, shear field, slope deformation, monitoring, cycle way.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce, Ing. Jindřichu Šancerovi, Ph.D., za vedení a cenné připomínky, PKÚ, s.p. za poskytnutí podkladů průzkumu a B-PROJEKTŮM Teplice s.r.o. za archivní dokumentaci. Dále také za konzultace s Ing. Davidem Schaffnerem.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Charakteristika řešeného území a širší oblasti	3
2.1 Popis zájmového území.....	3
2.2 Geomorfologie	5
2.3 Geologické poměry lokality	7
2.4 Hydrologické a hydrogeologické poměry	11
2.5 Geotechnický popis oblasti a vrtná prozkoumanost.....	12
3. Báňsko – Historický vývoj těžby a její zahlazení	15
4. Teoretické podklady řešení sesuvů	20
4.1. Definice a rozdělení sesuvů	20
4.2 Příčiny sesuvů	21
4.3 Stanovení stability svahu.....	22
5. Průzkum sesuvného území.....	25
5.1 Odlučná část.....	25
5.2 Transportní část.....	25
5.3 Akumulační část.....	26
6. Příčiny sesuvu	27
7. Vlastní řešení sanace a monitoringu zasažené oblasti.....	28
7.1. Rešerše archivních podkladů.....	28
7.2. Vrtná prozkoumanost území	28
7.3. Geomechanická prozkoumanost území.....	29
7.4. Stávající monitoring území	32
7.5. Popis sesuvu a výsledky terénního mapování	32
7.6. Komentář k příčinám sesuvu.....	35
7.7. Stabilitní posouzení stávajícího stavu	37
7.8. Návrh sanačních opatření	42
8. Sanace	45
8.1 Možnosti sanace	45
8.2 Monitoring	45
8.3 Odvodnění širšího okolí sanované oblasti.....	46

9. Rekultivační činnost.....	47
9.1 Předchozí rekultivace	47
9.2 Protierozivní opatření a stabilizace území v rámci rekultivace.....	47
10. Koncepce stavby a postup stavebních prací.....	49
10.1 Popis prací.....	49
10.2 Příprava území na sanaci, navržení komunikace	49
10.3 Odvodnění svahu.....	50
10.4 Sanace a stabilizace terénu.....	51
10.5 Deponie	52
10.6 Postrekultivační dohled a monitoring	52
11. Technicko - ekonomické zhodnocení.....	54
11.1 Technické zhodnocení.....	54
11.2 Ekonomické zhodnocení	54
12. Návrh využití území	57
13. Závěr	58
Seznam použité literatury:.....	60
Seznam zkratk:	63
Seznam obrázků:	64
Seznam tabulek:	65
Seznam příloh:	66

1. ÚVOD

Báňská činnost, spojená s dobýváním hnědého uhlí, působí v krajině celou řadou negativních faktorů a jevů. Z pohledu ekologického je asi nejdůležitější jevem přetváření povrchu území. Co do plošného rozsahu se toto negativní působení týká hlavně povrchového dobývání v otevřených jamách půdorysu v řádech kilometrů. V oblasti severně od Teplic probíhala povrchová těžba zhruba do 70. let 20. století a to formou tzv. malolomů s nasazením běžné rýpadlové technologie bez použití velkostrojů a technologických celků, jak je známe ze současných velkolomových provozů. Zbytkové jámy byly následně jen jednoduše upraveny zemními pracemi a zalesněny, případně i ponechány přirozené sukcesi. Na svazích opuštěných jam v dalším průběhu času docházelo k degradaci zemin a ke svahovým deformacím. Názorným příkladem mohou být například severní a severovýchodní svahy zbytkové jámy lomu ČSM, jejichž sesouvání ohrožovalo nejprve silnici Pozorka – Mstišov a v poslední době i obytnou zástavbu v Pozorce. Sanace si vyžádala poměrně velké přesuny hmot a byla finančně náročná cca 12 000 000 Kč. Sesuvy jsou jevy vznikající při porušení stability svahu podmíněné gravitačními silami. Podstata sesuvu je působení gravitačního zatížení svahu kde dojde k porušení stability. Hmoty jsou odděleny od pevného podloží a vytvářejí se smykové plochy. Sesuvy mohou vzniknout náhle, ale mohou také pomalu a dlouhodobě působit na svah. Podstatný vliv na sesouvání svahů má faktor působení vody na postižené území, složení a tvar vrstev, koeficient vnitřního tření apod. Devastační účinky sesouvání způsobují přetváření krajiny, ničí lesní porosty a zemědělskou půdu. Sesuvy způsobuje i člověk svým nesprávným zásahem do krajiny. Ekonomické hledisko sesuvu lze vyjádřit tak, že samotný sesuv ve svém důsledku způsobuje škody na majetku a opatření na zastavení a odstranění jeho následků vyvolávají další finanční náklady [19]. Přetváření krajiny zvláště při náhlé události může mít v některých případech negativní vliv na ekologickou rovnováhu. Řešená oblast se nachází mezi městem Teplice a obcí Újezdeček, kde v minulosti probíhala těžba hnědého uhlí, nejdříve hlubinným způsobem, později i povrchově. Vlivem nepříliš zdařilé rekultivace, zatopením lomových jam zde vznikly vodní plochy s nestabilním břehem [6]. Tato práce se zabývá východním až jihovýchodním okrajem zbytkové jámy malolomu Liebig, který je rovněž postižen svahovými deformacemi, zasahujícími do bývalého ochranného pilíře železniční trati Oldřichov – Děčín u nádraží Teplice – Lesní brána [7]. Sesuv zde postihl i asfaltovou komunikaci spojující Teplice s Újezdečkem.

Cílem předkládané práce je vyhodnocení předešlé úpravy území, jejích negativních projevů na terénu s časovým odstupem. Důležitá bude také rešerše v oblasti širších průzkumných aktivit z hlediska geologie, hydrogeologie, geotechniky a vlastního terénního průzkumu. Soubor průzkumných prací umožní vyhodnocení jednak povahy terénu a také i zemního tělesa. Pro dlouhodobější posuzování projevů svahových nestabilit v oblasti byly zhotoveny tři vrty určující míru pohybu zemního tělesa a úroveň podzemní vody. V práci využiji informace získané z vrtných jader, protože jsou k dispozici pro odběr vzorků z různých hloubkových úrovní a k provedení jejich laboratorního rozboru. Výsledky hodnocení využiji jako podklad pro vlastní návrh stability svahu. Řešit budu také vhodnou rekultivaci a sanaci území.

2. CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ A ŠIRŠÍ OBLASTI

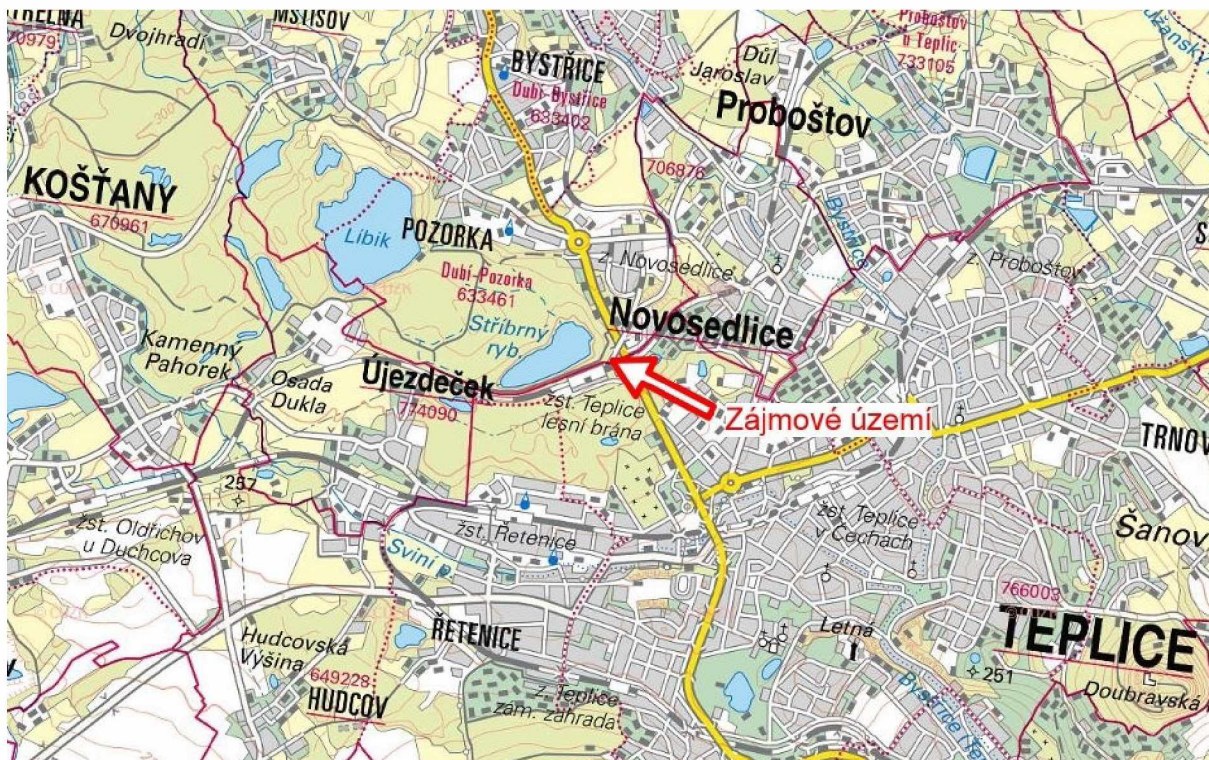
2.1 Popis zájmového území

Předmětem řešení je jihovýchodní okraj zbytkové jámy bývalého lomu Liebig. Jedná se o katastrální území Dubí – Pozorka (kód 633461) na hranici s katastrálním územím Teplic v Ústeckém kraji. V bližším okolí se západně nacházejí další sídelní útvary Újezdeček a Košťany. Na východě jsou obce Novosedlice a Proboštov, severovýchodně město Krupka. V blízkém okolí zájmové oblasti se nachází jihovýchodně silnice I/ 8 mezi Teplicemi a Dubím dříve hlavní silnice E 55 na hranici se Spolkovou republikou Německo a jižně se nalézá nádraží Lesní Brána. Železniční trať prochází souběžně s hranicí zájmového území z jižní strany a byla spojnici mezi obcí Oldřichov a městem Děčín. Dříve se využívala pro dopravu sklářského zboží a jejími vlečkami se dopravovalo vyrubané uhlí z lomu. Trať se přestala pravidelně využívat v roce 2007. Na severu zájmového území se nachází silnice č. 27 mezi městem Dubí a obcí Hrob. Širší okolí zájmové oblasti bylo dříve součástí SHR. V 19. století zde probíhala těžba hnědého uhlí na několika hlubinných provozech. V letech 1952 až 1973 byla oblast znovu přetěžena povrchovou těžbou hnědého uhlí a následně provedena částečná rekultivace zavážkou a sesvahování řezů. Rekultivace místy nedokončena podlehla přirozené sukcesi. Na upravených místech byla provedena výsadba dřevin. Skladba dřevin je zastoupena převážně osikou, jívou a břízou. Částečně je zde vysazen dub, topol a buk. Původní pásma mezi zrušenou železniční stanicí Lesní brána a bývalým lomem, kde je také vedena komunikace, se nachází porost zastoupen staršími duby a habry. [16].



Obr. č. 1 Mapa širšího okolí zájmového území (zdroj: Geoportál CUZK)

Výsypka lemující vodní plochy má oválný tvar, je svahována v mírném sklonu asi 15° a také zalesněna. Svrchní kulturní vrstva je dodnes nízké kvality s příměsí sutí, dlažebních kostek a betonového odpadu.



Obr. č. 2 Mapa širšího okolí zájmového území (zdroj: Geoportál CUZK)

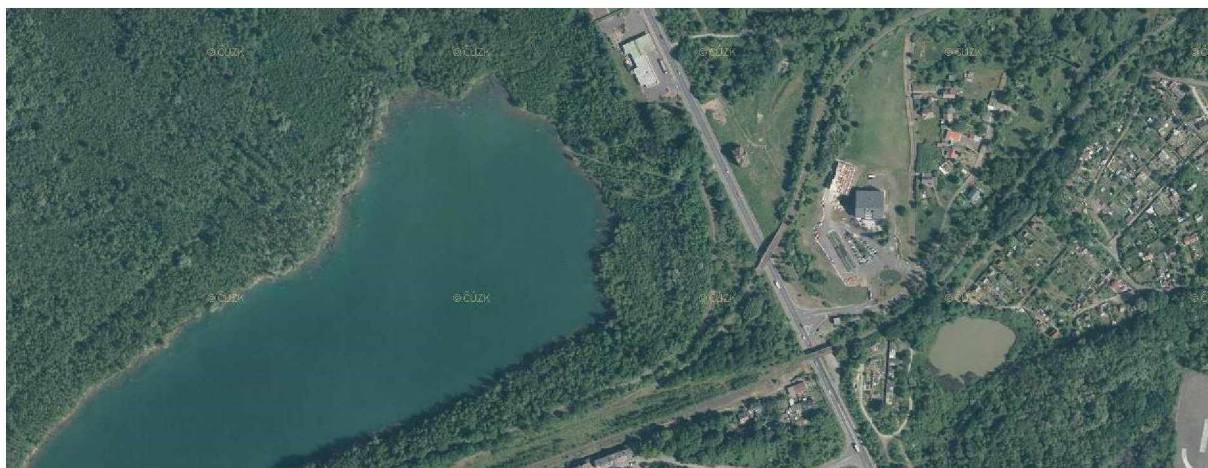
2.2 Geomorfologie

Z hlediska geomorfologického členění je zájmová oblast a jeho širší okolí součástí provincie Česká vysočina, Krušnohorská subprovincie, celek Podkrušnohorská hornatina, podcelek Mostecká pánev, Chabařovická pánev [28]. Paleogenní parovinný reliéf byl v neogénu vlivem tektonických pohybů, působením sopečné činnosti v neogénu a pozdější erozí silně porušen. Mezi paleogénem a neogénem začaly vystupovat Krušné hory, poklesala příkopová propadlina dnešní severočeské hnědouhelné pánve a vyvěřely neovulkanity první sopečné fáze. Ještě koncem jezerní sedimentace v pánvi byl reliéf poměrně plochý a to jak na severu v podhůří krušnohorské soustavy, tak i na jihu v oblasti Českého středohoří. Hlavní vyklenutí Krušných hor nastalo až v začátku kvartéru, kdy došlo k formování příkrých svahů hor s relativní výškou nad kotlinou teplické části pánve 500 metrů [2]. Parovinný charakter je zachován na hřebenech Krušných hor, kde vlivem nepropustnosti krystalinického podkladu, četnějších srážek a drsných klimatických podmínek dochází ke vzniku četných rašeliníšť [13]. Vlastní řešené území je morfologicky tvarováno recentní antropogenní činností, spojenou s povrchovou těžbou uhlí. Ještě na přelomu 50. - 60. let zde byl původní, k jihu mírně skloněný reliéf s loukami, sady a

zahradami. Od západu sem následně vstoupil povrchový malolom, který po sobě zanechal morfológickou depresi se svahy vysokými až 50 metrů; dnes až na kótu cca 243 m n. m. je jáma zatopena a dotována srážkami a zřejmě i prameny podzemní vody. Horní hrana svahu dotčeného sesuvem se dnes pohybuje na kótě cca 260 m n. m. Sklon svahu jsou mezi 15 až 30° [6].



Obr. č. 3 Letecký snímek zájmového území z r. 1953 (zdroj: portál CENIA)



Obr. č. 4 Letecký snímek zájmového území z r. 2015 (zdroj: portál CENIA)

Při řešení dané problematiky jsou důležité i makroklimatické podmínky v dané oblasti. Podle raonové klimatizace [1] jde o území v teplé podoblasti T2, která je charakterizována dlouhým, velmi teplým, suchým létem. Přechodné období je krátké s teplým jarem a podzimem. Zima je krátká, mírně teplá, suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. Hodnoty některých klimatických charakteristik této oblasti jsou následující:

Tab. č. 1 Hodnoty některých klimatických charakteristik

Počet letních dnů	50 - 60
Počet dnů s průměrnou teplotou nad 10°	160 - 170
Počet mrazivých dnů	100 - 110
Průměrná teplota v lednu	-2°C až 3°C
Průměrná teplota v červenci	18°C až 19°C
Průměrná teplota v říjnu	7°C až 9°C
Průměrný počet dnů se srážkami nad 1mm	90 - 100
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50

2.3 Geologické poměry lokality

Zájmová oblast náleží k teplické části severočeské terciérní pánve. Podloží miocenní pánevní výplně tvoří těleso paleoryolitu permokarbonského stáří, na němž diskordantně spočívají svrchnokřídové sedimenty. Oba typy hornin jsou prostředím oběhu teplické termy.

Prostor pánve byl v paleogénu tvořen mokřady a bažinami s hustými, převážně jehličnatými pralesy. Ty daly vzniknout mohutné uhelné sloji, která měla v řešeném území a jeho okolí mocnost v rozmezí 8 – 12 metrů. V centrálních částech Severočeské hnědouhelné pánve – dále již SHP však mocnost běžně přesahuje 30 metrů.

Nadložní souvrství je tvořeno poměrně monotónními šedými jíly, místy prachovitopísčitého charakteru, s ojedinělými proplásky šedých sideritických jílovců. V mineralogickém obsahu jílu převažuje kaoliniticko-illitická složka. Obsah montmorillonitu je však rovněž významný, což způsobuje nepříznivé geomechanické změny, zejména při styku s vodou. Mocnost nadložního souvrství v lokalitě je 40 – 50 metrů. Svrchní zóna souvrství podléhala v kvartérních ledových a meziledových dobách působení střídavého promrznutí a tání a kryoturbaci. Výsledkem jsou velmi nepříznivé vlastnosti svrchních 10 – 20 m vrstev, které se v řezu odlišují hnědavými, okrovými až žlutými odstíny, střípkovitým rozpadem a tuhou až pevnou konzistencí.

Kvartérní horizont zájmového území je představován jižní okrajovou oblastí mohutného proluviálního kužele, který na vyústění svého horského údolí do pánve usadil tok Horské Bystřice. V prostoru bývalého lomu Liebig a nádraží Teplice – Lesní brána se

mocnost pohybuje ještě v řádu 3 až 5 metrů. Útvar je tvořen převážně kamenitými až balvanitými štěrky. Hrubá frakce je tvořena úlomky paleoryolitu, méně často ortorul a žulorul krušnohorské provenience. Zrna jsou dobře opracována vodním transportem. Na svém jižním vyklínění se štěrky vyznačují již vyšším obsahem mezerní hlinité a hlinitopísčité výplně [8].

Antropogenní činnost zanechala v území větší množství recentních navážek. Prostorově nejvýznamnější jsou jílovité vnitřní výsypky, vyplňující v mocnostech až 50 metrů široké území severně až západně od řešené oblasti. V menším, ale nikoli nevýznamném rozsahu se zde dále vyskytují různé skládky a navážky demoličních sutí, komunálního odpadu apod.

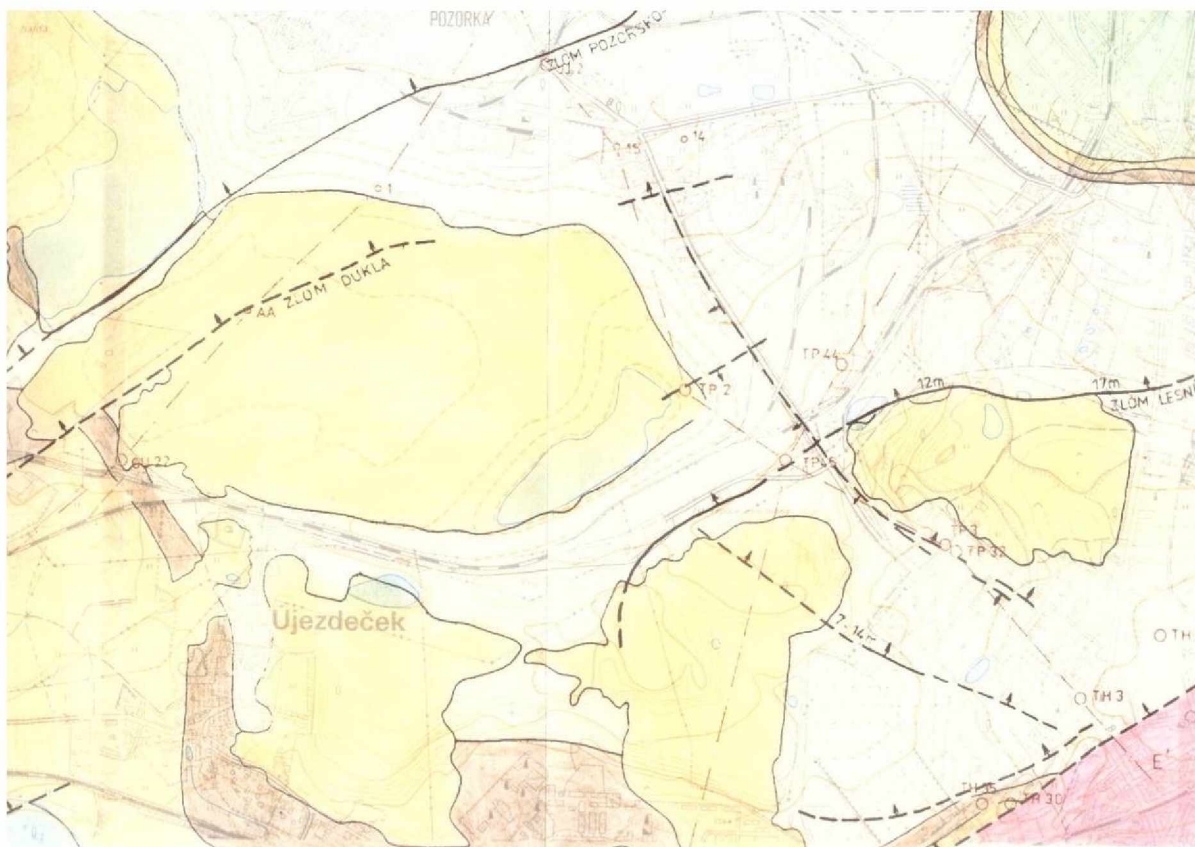
Základní tektonický obraz území byl založen již při varijském vrásnění a jeho oživení proběhlo v průběhu alpinské orogeneze. Zlomové tektoniky využil i neogenní vulkanismus jako predisponovaných výstupových cest. V regionálním měřítku lze vznik severočeské pánve rozdělit do čtyř časových fází:

1. neovulkanická fáze – hrazení jezera a počátek vulkanotektonické subsidence podmiňující vznik riftu [8]
2. fáze – vulkanotektonická subsidence, tvorba pánevní výplně
3. fáze – destrukce pánve a jejího okolí, denudační procesy [8]
4. fáze – vertikální diferenciací povrchu, výškové rozdíly vyvolávané endogenními příčinami [25]

Hlavním zlomem řešeného území je tzv. **zlom Lesní brány**, procházející ve směru ZJZ – VSV přibližně v úrovni pilíře železniční dráhy a budovy nádraží. Tento zlom shazuje severní kru s územím lomu Liebig až o 12 metrů. **Bezejmenný protiklonný zlom** je uváděn z okolí vrtu TP-2 a je rovnoběžný se zlomem Lesní brány, Souběžně se silnicí Teplice - Dubí na východním okraji probíhá poměrně významný příčný Severní zlom, který opět shazuje západní kru oproti kře východní. Z dalších zlomů mimo řešené území můžeme ještě zmínit směrný **zlom Dukla** a **zlom Pozorsko-Novosedlický** [8]. Směrem na Novosedlice je porušena uhelná sloj skokem o maximální výšce 13m. V oblasti **Severního zlomu** se nacházejí vrty TP-44 a TP-45. Výškový rozdíl v úrovni hlavy sloje v těchto vrtech je s rozdílem 14,7 m. Výška: TP-44 je 214,0 m. n. m., TP-45 je 228,7 m n. m.

TP-44 je ložiskový svislý vrt na uhlí s konečnou hloubkou 147,5 m a souřadnicemi $X = 974631,9$; $Y = 776948,4$; $Z = 257,23$ m n. m. Pod kvartérním pokryvem je až do hloubky 43,2 m popisováno terciérní jílové nadloží. Sloj se nachází mezi hloubkami 43,2 a 59,8 m (mocnost 16,6 m). Pod patou sloje je popisováno podložní souvrství do hloubky 74,8 m a dále hlouběji křída a permokarbon. Přítomnost hladiny podzemní vody není evidována. TP-45 je ložiskový svislý vrt na uhlí s konečnou hloubkou 110,3 m a souřadnicemi $X = 974854,3$; $Y = 777109,5$; $Z = 257,55$ m n. m. Pod kvartérním pokryvem je až do hloubky 28,8 m popisováno terciérní jílové nadloží. Sloj se nachází mezi hloubkami 28,8 a 41,8 m. Pod patou sloje je popisováno podložní souvrství do hloubky 58,6 m a dále hlouběji permokarbon. Přítomnost hladiny podzemní vody není evidována. Pro lokalizaci hnědouhelné sloje byly rovněž využity další dva severněji situované vrty. LB1 je inženýrskogeologický svislý vrt s konečnou hloubkou 60,3 m a souřadnicemi $X = 974096,7$; $Y = 777117,4$; $Z = 284,45$ m n. m. Pod kvartérním pokryvem je až do hloubky 45,1 m popisováno terciérní jílové a písčité nadloží. Sloj se nachází mezi hloubkami 45,1 a 59,2 m (mocnost 14,1 m). Pod patou sloje je popisováno podložní souvrství do hloubky 60,3 m. Hladina podzemní vody byla naražena v hloubce 7,00 m, ustálená hladina se nacházela v hloubce 3,40 m. LB2 je inženýrskogeologický svislý vrt s konečnou hloubkou 60,0 m a souřadnicemi $X = 974100,7$; $Y = 777096,5$; $Z = 284,50$ m n. m. Pod kvartérním pokryvem je až do hloubky 43,1 m popisováno terciérní jílové a písčité nadloží. Sloj se nachází mezi hloubkami 43,1 a 59,0 m (mocnost 15,9 m). Pod patou sloje je popisováno podložní souvrství do hloubky 60,0 m. Hladina podzemní vody byla naražena v hloubce 7,00 m, ustálená hladina se nacházela v hloubce 3,40 m [6].

SHP obsahuje i příčné zlomy. Poblíž řešené oblasti se nachází několik zlomů mezi Dubím a Teplicemi. Probíhají také údolím potoka Bystřice směrem na Novosedlice a Teplickou část Šanov [8].



Obr. č. 5 Výřez odkryté geologické mapy měř. 1 : 5000, zpracované v r. 1990 firmou Geoindustria Dubí

Výskyt jílu a jílovců

V celé oblasti u bývalého dobývacího prostoru se vyskytují jíly a jílovce. Podložní jíly jsou kaolinické místy s volnými hydráty hliníku (až 30%) se zvýšeným obsahem železa, převážně ve formě sideritu a limonitu (přes 5%) a se zvýšeným obsahem kysličníku titaničitého (5 – 10%) [8] tvořící několik metrů mocné polohy. V nadloží uhelných slojí jsou šedohnědé až tmavohnědé jíly případně jílovce jemně písčité a slídnaté. Při povrchu zvětrávají na měkké jíly, za sucha se střípkovitě rozpadají. [2]. Nadložní jíly je možno členit do tří skupin: jíly uložené v blízkosti uhelné sloje, obsahující příměsi uhelné hmoty a minerály síry. Jíly tvořeny lupky a jílovci šedé barvy s dočasnou pevnou a homogenní strukturou, za sucha se břídlíchnatě rozpadají, Žlutohnědé až hnědé miocenní jíly jsou uloženy zpravidla nad vrstvami šedých jílu [16]. Mocné jílové vrstvy jsou prakticky nepropustné, pokud jsou homogenní. Svahovými pohyby však vznikají zálomové trhliny, kterými se dostává voda do spodních vrstev svahu. Koeficient filtrace v oblasti je maximálně $2,6 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ [2]. Povrchovou hranicí jílu a jílovců ve styku s ryolitovým z větší části kaolinizovaným štěrkopískem je v podstatě poklesová trhlina souběžná

s vnějším okrajem cesty (původní terén ochranného pilíře mezi nádražím a dobývacím prostorem). Mocnost nadložních jílových vrstev pravděpodobně zasahuje do 50m hloubky kde se nacházela uhelná sloj. Průzkumný vrt IK – 1 dosahuje do hloubky 30m. Smyková plocha nebyla ve vzorcích vrtných jader indikována.

Území a širší oblast po těžební činnosti byla rekultivována navážkou jílu s úlomky jílovce, cihel a porcelanitu, místy navážka obsahuje písčitohlinitý štěrk čedičovou drť a písčité sedimenty. Tato vrstva nasedá na lomové etáže a je tak zarovnán generální sklon všech etáží. Lomový profil obsahuje převážně tuhý jíl tmavě hnědý až šedý od 7 - 9 m místy od 8 – 9 m okrový a hnědý, od 9 – 20 m jílovec zcela zvětralý. V hlubších polohách 20 až 30 m byl zaznamenán zvětralý ryolit. Sloj je v popisovaném území mělce uložena nejhlouběji do 50. V až JV lemuji oblast neogenní jíly, písčité jíly a písky zasahující až do Novosedlic. Jižní oblast ohraničená silnicí III. tř. Teplice – Újezdeček směrem k nádraží Lesní brána obsahuje pás neogenních ryolitových štěrků a dále na jih směr Řetenice již kompaktní vrstvu ryolitu místy ignimbitu.

2.4 Hydrologické a hydrogeologické poměry

Hydrograficky náleží řešená oblast do povodí Sviního potoka (číslo hydrologického pořadí 1-14-01-0760), který protéká městem Teplice a v Úpořinách se vlévá do řeky Bíliny a ta následně do Labe v Ústí nad Labem [8].

Celý prostor leží také v širším ochranném pásmu (dnes ochranné pásmo I. stupně) přírodních léčivých zdrojů a zřidelní oblasti Teplice, stanoveného Výměrem Ministerstva zdravotnictví zn.LZ2/3-2884-14.9.59 ze dne 9. 10. 1959. Zřidelní akumulace je vázána na puklinový systém podložního paleoryolitu, který je významným hydrogeologickým kolektorem oblasti. Dalším hlubším oběhovým systémem je křídový horizont, zejména bazální cenomanské pískovce [2].

V terciární pánevní výplni se za propustné prostředí považuje hnědouhelná sloj, zejména v místech hlubinného rozfárání. Hlubinné dobývky většinou i predisponují směr proudění podzemní vody k přirozeným nebo umělým místům odvodnění. Podle Hrubcové [24] odtéká slojová voda ze zájmového území k jihu až jihovýchodu a na okraji pánevní struktury se odvodňuje přirozeně do náplavů Sviního potoka [8].

Nadložní souvrství se všeobecně považuje za hydrogeologický izolátor. Naopak relativně dobře propustné jsou kvartérní kamenité štěrky a to i přes výše zmíněnou hlinitou mezeru výplň. Vlivem povrchové těžby však byly značné plochy štěrků z území odstraněny a zůstaly zde pouze nesouvislé relikt, oddělené od hlavní infiltrační oblasti, kterou byly krušnohorské svahy a horské úpatí. Dnes jsou tyto relikt dotovány srážkovou vodou a na srážkových poměrech závisí i výška hladiny podzemní vody. V důsledku tektonického zlomu Pozorka upadá hnědouhelná sloj o 13 m [8]. Tím vznikl přirozený předěl mezi těžebními lokalitami a je i předělem hydrogeologickým. Rybník má na jihozápadě přítok důlní vody z výsypkového tělesa nacházejícího se 470 m od rybníka o celkové vydatnosti 10 l.min. Odtok vody rybník nemá a úroveň hladiny ve spojení se srážkovými úhrny se stále zvyšuje. Přirozený odpar vody nemá na zvyšování hladiny výrazný vliv.

2.5 Geotechnický popis oblasti a vrtná prozkoumanost

Pro zhodnocení oblasti z geotechnického hlediska bylo potřeba vycházet převážně z podkladů a výsledků průzkumu provedeného firmou AZ CONSULT na objednávku Palivového Kombinátu, s. p. Výška svahu nad hladinou (cca 243 m n. m.) je asi 16 m, úhel svahu činí v oblasti místa poklesu komunikace až 15°. Svah souběžný s cestou směrem jihozápadně má sklon místy více jak 30°. Na místě zjištěného poklesu níže pod komunikací byly zhotoveny v rámci monitoringu a odběru vzorků dva jádrové vrty IK - 1 a IK-2 vystrojené inklinopažnicí a jeden jádrový hydrovrt JH-3 vystrojený jako pozorovací. Popis skladby vrtných jader je následující:

IK - 1 je inklinovrt určený pro průzkum skladby geologických vrstev s odběrem vzorků. Slouží také k monitoringu pohybu svahu pomocí inklinometru. Konečná hloubka je 30 m se souřadnicemi $X = 974715,13$; $Y = 777220,30$; $Z = 262,11$ m. n. m. Kvartérní pokryv zasahuje do hloubky až 8 m. Obsahuje převážně navážku s úlomky porcelanitů a jílovců, od 5 m tuhý jíl s valouny ryolitu. Neogenní vrstvy obsahují rozložený jílovec na pevný hnědý jíl od 11 m zvětřalý jílovec rozložený na pevný jíl, místy s úlomky jílovce hnědošedé až šedé barvy. Hladina podzemní vody byla zastižena v 3,40 m.



Obr. č. 6 Inklinometrický vrt IK - 1

IK - 2 je inklinovrt zhotovený pro stejný účel jako vrt IK - 1. Jeho konečná hloubka je 20 m se souřadnicemi $X = 974715,13$; $Y = 777220,30$; $Z = 262,11$ m n. m. Kvarterní sedimenty zasahují do hloubky 9,5 m. Skladba vrchní vrstvy je tvořena navážkou, úlomků jílovce, porcelanitu, úlomků cihel a čediče v jílové vrstvě. Od 3 m je vrstva složena z úlomků jílovce, porcelanitu, úlomků cihel, ryolitu, uhelným pigmentem a písčitými prolohami. V hloubce 3,7 až 4,3 m je vrt bez výnosu jádra (pravděpodobně stlačená měkká poloha navážky). Od 9,5 m zasahují jílovce do 12,5 m hloubky. Dále je do 20 m hnědošedý jíl se zvyšujícím se podílem úlomků jílovce. Hladina podzemní vody je zde nezastižena.

JH - 3 je hydrogeologický vrt s konečnou hloubkou 15 m a souřadnicemi $X - 974728,21$; $Y - 777209,38$; $Z - 262,21$ m. n. m. Kvarterní sedimenty zasahují do 9 m ve složení jíl písčitý až štěrkopískový s úlomky čediče, porcelanitu a příměsí škváry do 2,5 m. V další vrstvě je obsažen jíl s úlomky jílovce, cihel a porcelanitu. Náplava valounů, ryolitu s ojedinělými polohami písku a uhelného pigmentu do hloubky 3,5 m. Hlouběji jíl

s příměsí škváry a uhelného pigmentu do 5 m. Dále jíl okrově hnědý a pevný do 9 m. Neogenní sedimenty obsahují zcela zvětralý jílovec na pevný jíl místy s úlomky jílovce. Jíl je hnědý až hnědošedý do hloubky 15 m. Hladina podzemní vody se vyskytuje v rozsahu 3,60 až 5 m hloubky. Ve vrtu je instalována sonda určující výšku hladiny podzemní vody [17].

Hlouběji pod vrstvami zastiženými vrty IK – 1 IK – 2 a JH 3 jsou zastiženy vrstvy permokarbonu. A asi v 50 a 60 m nasedají na zvětralý až pevný ryolit [7].

Měření inklinometrickými sondami a hladinoměrem má být prováděno v delším časovém horizontu tj. 2 roky ve čtvrtletním intervalu a proto nelze souhrnný výsledek deformací hodnotit v této práci. Průběžné hodnocení je zaznamenáno v níže položené kapitole (8.2 Monitoring)

3. BÁŇSKO – HISTORICKÝ VÝVOJ TĚŽBY A JEJÍ ZAHLAZENÍ

První zpráva o těžbě uhlí na Teplicku a to v oblasti Řetenic je datována v roce 1742. Větší rozmach těžební báňské činnosti v teplické části severočeské hnědouhelné pánve spadá do II. poloviny 19. století. Pro skutečný průmyslový rozvoj těžby hnědého uhlí v této oblasti byly rozhodující následující okolnosti:

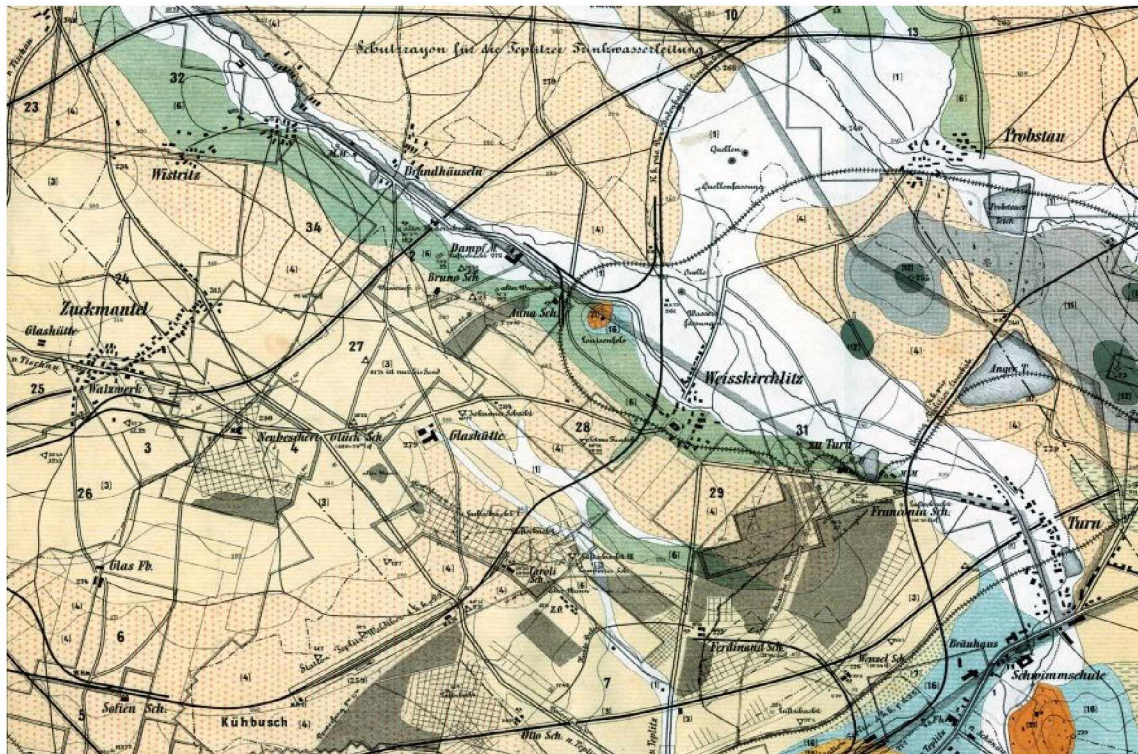
- Značná kumulace zpracovatelských provozů, tj. skláren, sklářských hutí, porcelánek, vápenek apod. ve kterých uhlí nahradilo již značně nedostatkové tvrdé palivové dřevo
- Blízkost větších měst a obcí, propojených sítí cest a silnic, které umožňovaly příhodný transport vytěženého uhlí na odbytiště
- Příhodné geologické podmínky pro výstavbu mělčích šachet s jámami do 50 a 100m v nekomplikovaných úložných podmínkách většinou jílovitého nadloží
- Rozvoj a rozšiřování regionální sítě železničních drah, na které byly navázány účelové vlečky jak k šachtám, tak k odbytovým průmyslovým provozům

Skutečný průmyslový rozvoj těžby hnědého uhlí v hodnocené oblasti nastal po roce 1870, tedy zhruba před 150 lety. Od té doby také začalo být území pod většími devastáčními vlivy báňské těžební činnosti [7].

Názorný a výstižný doklad o situaci v území mezi Střelnou, Košťany, Újezdečkem, Mstišovem, Pozorkou a Novosedlicemi podává výřez z historické geologické mapy 1 : 10 000 Fridricha Wolfa z roku 1879. Podle této mapy byla provozována hlubinná těžba uhlí na následujících dolech:

- Josefína ve Mstišově (jáma hluboká cca 49 metrů)
- Herbert v Újezdečku (jáma hloubky cca 25 metrů)
- Neubeschert Glück v Pozorce (jáma hluboká 71 metrů)
- Caroli u Lesní brány (jáma hloubky cca 50 metrů)
- Anna a Bruno u Novosedlic (jámy hloubky 58 a 90 metrů)

Všechny tyto doly byly ve své době vlečkami připojeny na Duchcovsko – Podmokelskou železniční trať vystavěnou v letech 1858 – 1870 [20] jsou další těžební aktivity jižně od loveckého záměčku Dovojskádí a v okolí Mstířova.



Obr. č. 7 Výřez mapy revíru Friedricha Wolfa z roku 1879

Sled dalších hlubinných aktivit lze vyčíst z přehledné mapy sloje a hlubinných důlních děl měř. 1:5000 ze souboru účelových hydrogeologických map revíru, zpracovaných Báňskými projekty Teplice v letech 1987-1989. Ta uvádí:

- důl Georg cca 500m západně od Mstířova
- těžbu dolu Josefa v prostoru S a SV od Mstířova v období let 1899-1909
- těžbu dolů Agnes a Rudolf v Pozorce (1880) a v prostoru mezi Pozorkou a Mstířovem v letech 1892 až 1904
- těžbu dolů Franz Josef (1880), Einigkeit (1875), Walzwerk (1878), Barbora (1883) a Neubeschert Glück v prostoru Pozorky a jejího jižního a jihozápadního předpolí v období let 1887 až 1892.

Hlubinná těžba byla provozována i v jihozápadním prostoru, ale její pozůstatky zanikly těžebním postupem lomu Lobkowitz, ČSM, Liebig a lomu Dukla. Výsypky těchto malolomů překryly i pozůstatky historických lomů Fischmann a Emma mezi Mstišovem a Košťany. Podle historickým pramenů můžeme klást hlavní éru aktivní hlubinné těžby v užší zájmové oblasti do období let 1870 – 1912. Mezidobí od počátku I. světové války až do konce II. světové války je v zájmovém prostoru obdobím stagnace. Další etapa v nové podobě, kvalitě a technologii začíná až otvírkou jednotlivých úseků malolomu Dukla po roce 1952. Ta pak pokračovala v různých úsecích až do let 1966 až 1973. Úsek Liebig postupoval do užšího zájmového prostoru směrem od západu podél severního okraje piliře železniční trati. Za sebou zanechával vnitřní výsypku. Mocnost nadloží činila 40-50 metrů a mocnost sloje se pohybovala v rozmezí 8-10 metrů. Vlastní sloj byla zde porušena dřívější hlubinnou těžbou a to metodou komorování na zával ve dvou lávkách. Mocnost nadloží a sloje odpovídala i způsobu roztěžení a nasazené technologii. Skrývka byla odtěžována 4mi etážemi o výšce 10 metrů, na kterých byly nasazeny 3 rýpadla E25 a jedno rýpadlo Mb-2. Zeminy byly na vnitřní výsypku přepravovány autodopravou.



Obr. č. 8 Fotografie lomu Liebig (pravděpodobně r. 1965 v době ukončení těžby)[7]

Sloj byla těžena rýpadlem E25 rovněž s nakládkou na nákladní auta. Z některých historických pramenů (Státní hospodářská mapa 1:5000 z r. 1957 nebo fotografie Q. Záruby) lze usuzovat i na nasazení kolejové dopravy s parními lokomotivami. Uhlí bylo dopravováno do západní části lomu a odtud lanovkou na závod Dukla západně od Újezdečka. Součástí závodu Dukla byl i malolom ČSM, který těžil ročně 3,5 mil m³

skrývky a průměrná těžba uhlí dosáhla přes půl milionů tun ročně. Ročního maxima dosáhla v roce 1964 objemem 700 tisíc tun. Těžba uhlí na úseku Liebig byla ukončena zřejmě okolo roku 1965. Následně byl vypracován a báňským úřadem schválen plán likvidace. Ten počítal se svahovou úpravou jednotlivých etáží do sklonu 1:1,5 a ponecháním generálního sklonu 1:2,5.

Souběžně s plánem likvidace byly vypracovány rozsáhlé studie a projekty úkolu „Rekultivace teplické oblasti“. Tyto projekty byly zpracovány až do detailů následného všeobecného využití oblasti k rekreačním účelům pro obyvatele Teplic a přilehlých měst a obcí.

V 70. letech už zde nastaly první stabilitní problémy a pro účely projektu rekultivace byly zpracovány v roce 1972 dva stabilitní posudky (Báňské projekty Teplice, J. Mudroch [22, 23]). V rámci posudků byly vytvořeny mapy svahových pohybů (viz obr. č. 10).

Ke skutečné rekultivaci však nedošlo, neboť s územím se začalo počítat jako s nástupní oblastí pro vyuhlení celé oblasti mezi Teplicemi a Chabařovicemi (lom Proboštov jako pokračování lomu Barbora) s předpokladem těžby kolem roku 2020. Celý prostor by byl určen k následnému zasypaní výsypkou. K otvírce velkolomů, vlivem celospolečenských změn nedošlo a prostor bývalých úseků Dukla – Liebig zůstal ve svém přirozeném posttěžebním stavu. V současné době jsou pozemky dotčeného území ve vlastnictví podniku Lesy ČR [8].



4. TEORETICKÉ PODKLADY ŘEŠENÍ SESUVŮ

4.1. Definice a rozdělení sesuvů

Svahovým pohybem se obecně označuje přemísťování horninových hmot po svazích působením zemské tíže s výjimkou těch pohybů, při kterých materiál odnášejí transportační média. Hranice mezi nimi je stanovena konvenčně a to poměrem horniny a transportního média 1 : 1. Výsledkem procesu svahového pohybu je **svahová deformace** (Pašek et al.,) [39]. Svahový pohyb může mít různý charakter, proto se celá řada autorů snažila vytvořit klasifikační systém. Různí autoři vnášeli do systémů různé přístupy a pohledy. Proto existují klasifikace např. podle petrografické povahy hmot, podle rychlosti pohybu, podle tvaru kluzné plochy nebo podle iniciačních faktorů apod.

V podmínkách našeho regionu se nejčastěji užívá klasifikace dle Nemčoka, Paška, Rybáře (1974) v různých modifikacích. Tato klasifikace vymezuje čtyři základní typy svahových pohybů:

- Ploužení
- Sesouvání
- Stékání
- Řícení

Termínem **ploužení** autoři označují dlouhodobý nezrychlující se pohyb horninových hmot s rychlostí pohybu v řádech milimetrů až centimetrů za rok. Dále je ploužení rozděleno na hlubinné a povrchové. Při hlubinném ploužení dochází k rozvolňování a roztrhání horských masívů, ohýbání vrstev a k blokovým poruchám. V povrchové zóně, v dosahu vlivu sezónních změn teploty a vlhkosti dochází k pomalému nerovnoměrnému pohybu horninových hmot, který je označován jako povrchové ploužení. Tyto pohyby se projevují slézáním svahových hlín a sutí a hákováním vrstev [18].

Pojmem **sesouvání** bývá označován krátkodobý rychlý pohyb. Horninová hmota se pohybuje podél jedné nebo více smykových ploch rychlostí řádově v metrech za den. Jedná se o nejčastější typ svahového pohybu. Podle tvaru odlučné plochy bývají ještě odlišovány sesuvy rotační, planární, rotačně planární a translační. Obvyklé je i dělení podle

půdorysného tvaru na sesuvy plošné, proudové a frontální a podle aktivity na aktivní, uklidněné a stabilizované.

Jako **stékání** jsou označovány rychlé krátkodobé pohyby o rychlostech metrů za hodinu až kilometrů za hodinu. Horninové hmoty jsou obvykle ve viskózním stavu a od podloží jsou ostře odděleny. Výsledkem stékání jsou zemní nebo kamenité proudy.

Při **řícení** se horninové hmoty pohybují rychlostí v metrech za sekundu. Tento pohyb vzniká na strmých svazích, kde alespoň část pohybu probíhá volným pádem.

4.2 Příčiny sesuvů

Pro posouzení a hodnocení svahových deformací je nezbytné určit příčinu jejich vzniku. Faktory sesuvných deformací představují přírodní anomální procesy nebo umělé zásahy do ustáleného dlouhodobého režimu vývoje svahu. Ty mohou působit dlouhodobě (permanentní faktory) nebo krátkodobě (epizodické faktory).

Dle Záruby a Mencla [18] je náchylnost svahu k sesouvání dána geologickou strukturou, vlastnostmi hornin, hydrogeologickými poměry a stavem morfologického vývoje území. Stejní autoři pak uvádějí následujících devět hlavních příčin porušení stability:

- 1) Změna sklonu svahu
- 2) Zvětšení výšky svahu
- 3) Přetížení násypy, haldami nebo skládkami
- 4) Otřesy a vibrace
- 5) Změny obsahu vody
- 6) Tlakové působení podzemní vody
- 7) Činnost mrazu
- 8) Zvětrávání hornin
- 9) Změny vegetačního pokryvu

V zásadě však můžeme všechny uvedené faktory zařadit do některé z pěti oblastí:

- a) Morfologie svahu a její změny
- b) Geologická struktura svahu

- c) Geomechanické vlastnosti hornin a jejich změny
- d) Obsah a silové působení podzemní, resp. pórové vody
- e) Ostatní faktory

Morfologii svahu rozumíme zjednodušeně vztah výšky a sklonu svahu. Pro každý svah existuje rovnovážná kombinace těchto parametrů. Zvýšení každého z nich znamená snížení stability. Změna výšky svahu může být představována i změnou jiného zatížení na horní hraně.

Geologická struktura rozhoduje o stabilitě svahu zejména v případě výskytu vrstev různých hornin nebo výskytu puklin různého původu. Každá tato plocha diskontinuity může při vhodné orientaci znamenat predisponovanou plochu, po které dochází k sesuvu.

Geomechanické vlastnosti, zejména tedy objemová tíha a smyková pevnost, jsou rozhodujícími parametry stanovení stability svahu. K jejich změně může dojít zvětráváním nebo naopak konsolidací a diagenézí. Významné je i dlouhodobé působení vody (což v podstatě není nic jiného, než specifická forma chemického zvětrávání – bobtnání jílových minerálů).

Podzemní a pórová voda působí na celkový napěťový stav a to formou vztlaku a proudového tlaku. Zvýšení víceméně vodorovné hladiny znamená zvýšení vztlaku ve spodní části svahu, a tedy působí jako odlehčení (nadlehčení). U hladiny skloněné ve směru svahu se změnou hladiny mění depresní křivka a tedy proudový tlak.

Ostatní faktory jsou méně časté a můžeme se zařadit například výše uvedené otřesy a vibrace a změny vegetačního krytu, i když v podstatě mají větší nebo menší vliv na faktory výše uvedených typů.

4.3 Stanovení stability svahu

Stabilita svahu se vyjadřuje obvykle tzv. **stupněm stability** F_s (stupněm bezpečnosti). Ten je definován jako poměr sil, které brání sesuvu (F_P - síly pasivní) a sil sesuv způsobujících (F_A - síly aktivní):

$$F_s = F_P / F_A$$

Nejrozšířenější metodou stability svahů je proto tzv. metoda mezní rovnováhy sil. Není předmětem této práce popsat teorii jednotlivých metod, pouze můžeme konstatovat, že způsobů výpočtu je celá řada a liší se v úrovni zjednodušení matematického modelu. Mezi základní metody patří jednoduchá metoda Petterssonova nebo metoda Bishopova. Přesnější jsou iterační metody dle Janbua nebo Spencera. Metody neuvažují přetvárné vlastnosti hornin a nepodávají celkový stav o napětovém stavu ve svahu. Pouze srovnávají síly působící na zvolené smykové ploše.

Použití výpočetní techniky přispělo nejen k používání přesných metod mezní rovnováhy, ale umožnilo i rozvoj napětí-deformačních metod (např. metoda konečných prvků apod.), jejichž výsledkem není hodnota stupně bezpečnosti, ale obraz o napětovém stavu masívu, místech koncentrace napětí, zónách rizikového přetváření aj.

Pro úplnost je možné se zmínit ještě o metodách grafických (grafy, tabulky, nomogramy), jejichž užití je dnes spíše sporadické.

Hodnota stupně bezpečnosti je základním kritériem posouzení stability svahu v báňském povrchovém dobývání ložisek. Základním právním předpisem, kterým se z pohledu bezpečnosti provozu povrchová těžba řídí, je Vyhláška ČBÚ č. 26/1989Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu ve znění jejích pozdějších úprav. Ta stanovuje v těchto ustanoveních následující:

„§34

(1) Stupeň (koeficient) bezpečnosti generálního svahu, tvořeného zeminami, se zjišťuje vhodnou výpočetní nebo grafickou metodou a musí být nejméně:

- a) **1,5** pro svahy trvalého charakteru (stav trvající déle než jeden rok)
- b) **1,3** pro svahy dočasného charakteru (stav trvající méně než jeden rok)
- c) **1,2** uvažuje-li se o reziduální pevnosti zemin v převážném rozsahu svahu

(2) Stupeň bezpečnosti musí být přiměřeně zvýšen, jde-li o svahy

- a) V zeminách náchylných k přijímání vody a ke skluzům
- b) V potrhane zemině nebo jinak narušené
- c) Proti úklonu vrstev
- d) V zeminách, jejichž mechanické vlastnosti se mohou podstatně měnit odlehčením

- e) V nepříznivých geologických podmínkách (tektonika, úložní poměry apod.)
- f) Poddolované

§35

(1) Výška a sklon řezů musí být určeny

a) U zemin při výšce řezu nad 6m podle mechanických vlastností a podle parametrů dobývacích strojů

b) U hornin podle geologických poměrů ložiska, dobývací metody, parametrů dobývacích a nakládacích strojů

Přitom výška řezů nesmí přesahovat výškový dosah dobývacího stroje

(2) Stupeň bezpečnosti řezu zemin musí být nejméně

a) **1,2** u soudržných zemin

b) **1,1** u nesoudržných zemin

c) **1,3** u řezů trvalého charakteru (bočních a konečných závěrných) a u řezů, na nichž jsou umístěny dopravní trasy a jiná zařízení

§46

(1) Stupeň (koeficient) bezpečnosti generálního obrysu svahu výsypky neb ucelené skupiny výsypkových stupňů se zjišťuje vhodnou výpočetní nebo grafickou metodou a musí být nejméně:

a) **1,5** pro konečný závěrný svah

b) **1,3** pro provozní svah

(2) Jsou-li při výpočtu oprávněné důvody pro zahrnutí reziduální smykové pevnosti zemin v převážném rozsahu svahu do výpočtu, může být stupeň bezpečnosti

a) **1,3** pro konečný svah

b) **1,2** pro provozní svah

§47

(1) Nejmenší šířka pracovní plošiny výsypkového stupně musí být určena se zřetelem na zajištění stability základacích strojů, dopravního zařízení a dopravních cest

(2) Pro každý výsypkový stupeň musí být určena mezní výška, vycházející z mechanických vlastností zemin. Stupeň bezpečnosti výsypkového stupně musí být nejméně **1,1**“

5. PRŮZKUM SESUVNÉHO ÚZEMÍ

Uvádím vymezení oblasti zasažené sesuvy. Zasažená oblast v nejbližším okolí je rozdělena na tři podoblasti:

- Odlučná část – silnice s předpolím, směrem ke kolejím
- Transportní část – výšková střední část svahu
- Akumulační část - břeh a vodní plocha, odlučná část

5.1 Odlučná část

První narušený úsek je viditelný po odbočení ze silnice I/8 přibližně po 40 m. Šikmé trhliny zasahují od svahu obloukem přes osu silnice na druhou stranu. Pokles 30 cm je souběžně sledován při krajnici silnice cca 20 m, kde se obloukem vrací směrem přes silnici ke svahu.

V druhém úseku sesuvu, pokles činí 50 cm [6]. Pokles je směřován po svahu dolů. V části náletového porostu pokračují trhliny směrem ke břehu rybníka. Hranice sesuvu je viditelná po levé straně mezi nádražím Lesní brána a svahem směřujícím ke břehu rybníka. Trhlina hraničící s vnějším okrajem silnice vznikla zřejmě v posledním řezu těžené oblasti. Je zde patrný svah postižený erozí stoupající strmě až do výšky 2 m mezi silnicí a nádražím s původním porostem (dub, habr). Geologická skladba levé strany terénu se viditelně liší přítomností kvartérních ryolitových náplav oproti pravé straně sesvahované rekultivačním zásypem jílovitého a písčitojílovitého materiálu.

Třetí oblast sesuvu se nachází východně, s viditelnou méně výraznou okrajovou trhlinou na východní straně. V její blízkosti se nachází likvidované staré důlní dílo evidované pod číslem 1745, jehož částečný propad byl sanován lomovým kamenem [6].

5.2 Transportní část

Výškový rozdíl mezi komunikací a vodní hladinou je 15 m, sklon svahu je průměrně 13 – 15°, některá místa nesou známky starších sesuvů zakrytých erozí a porostem. Místa jsou viditelné zbytky těžebních řezů. Ve většině zájmového území převládá svažité terén s výškami 245 – 260 m n. m. Na východní straně je jednotný sklon narušen v místě dokumentovaného sesuvu z roku 1974. V terénu je dodnes patrná odlučná i akumulací oblast starého sesuvu. Aktivita svahových pohybů je také viditelná na

zakřivení porostu. V některých reliéfních prohlubních drobných skluzů se akumuluje voda jak srážková tak i průsaková z vyšších částí svahu. Zřejmě zde dochází k vnikání srážkových vod do trhlin vzniklých mezi navázkou a původním reliéfem lomu. Svah je celkově postižen staršími i aktivními sesuvy, které se překrývají a také ovlivňují. Ze stávajícího stavu komunikace je patrné, že aktuální sesuv vznikl rozšířením staršího sesuvu v západním a jižním směru.

5.3 Akumulační část

Sesuv je akumulován na více místech a obtížně lze rozlišit starší a současný sesuv. Jednotný sklon je narušen v místě starého sesuvu na úrovni výšek 250 m. n. m. a 254 m. n. m. Zde se nachází akumulace plocha. Další plocha je disponována na úrovni 240 a 244 m. n. m. Tato část je zatopena. Horní část svahu je tvořena navázkou. Složení navázky je rozmanité v rozsahu jílu, písčitého jílu, čedičových a ryolitových štěrků [6].

6. PŘÍČINY SESUVU

Příčinou stávajícího sesuvu je strmý úhel svahu a někde i více než 30° což způsobily předešlé sesuvné události, kterým nedokázala zabránit konsolidovaná zemina, tak i vzrostlý porost. Další možnou příčinou je nefunkční odvodnění zbudované za komunikací u koruny sesuvného tělesa. Odvodnění bylo zřejmě zhotoveno před otvirkou lomu za účelem odvodnění drážního tělesa severně od nádraží. Odvodnění je směřováno souběžně s drahou směr Novosedlice. V blízkosti koruny sesuvu podtéká betonovou vpustí pod drahou zřejmě do kalového lapolu a je směřován východně I/8. Odvodnění prochází souběžně s drahou a zaústí uje u silnice do dalšího lapolu a následně do dešťové kanalizace. Odhaduji, že příčinou nefunkčnosti je silné zanesení příkopu, který je možná vyložen betonovými tvarovkami (pro hustý porost nelze určit). Sklon odtoku je nedostačující, místy je stojatá voda nebo je příkop zanesený kalovými usazeninami a zarostlý vegetací. Odvodnění již neplní svoji funkci a voda v místě prvního lapolu zřejmě vniká do koruny svahu, což je jedna z možných příčin skluzu tělesa. Zřejmě dochází k zvyšování vodního tlaku mezi skluzovými plochami různorodých zemin na rozhraní rekultivační navážky a původních nepropustných jílu. Příčiny předešlých svahových pohybů lze hledat již v minulosti. Jak jsem již uvedl, prostory vytěžených lomů měly sloužit jako nástupní prostor velkolomu Barbora a Proboštov s plánovanou těžbou okolo roku 2020 [6]. Prostor lomů měl dále sloužit k vytvoření výsypek. Rekultivace zde proběhla jen částečně sesvahováním a ozeleněním prostor s možností přirození sukcese. Sesuvné deformace začaly krátce po ukončení těžby. V některých oblastech jsou částečně odhaleny původní lomové řezy. Obě jámy byly samovolně zatopeny, což podpořilo nestabilitu nedostatečně konsolidovaného svahu, který navíc končí jeho patou pod úrovní hladiny vodní plochy. Jak uvádí zpráva, sesvahování jam bylo projektované a realizované bez dodržování geomechanických zásad. Sklon svahů je v průměru 1:2 a vzdálenost od silnice I/8 je 36 m. Vzdálenost cesty od hranice ochranného pásma železničního seřadiště nádraží Lesní brána je 15 m. I když v zájmovém území není prováděna hornická činnost a jsem přesvědčen, že není povinné požadovat respektování vyhlášky 26/1989 Sb., myslím si, že je vhodné posoudit jej z tohoto pohledu. Potom svah neodpovídá stupni bezpečnosti současné vyhlášky 26/1989 Sb. pro svahy trvalého charakteru (na dobu delší než jeden rok) [6].

7. VLASTNÍ ŘEŠENÍ SANACE A MONITORINGU ZASAŽENÉ OBLASTI

7.1. Rešerše archivních podkladů

Vzhledem k tomu, že řešené území východního svahu lomu Liebig je báňsky opuštěnou lokalitou již více než 45 let, dochovalo se k tomuto prostoru jen minimum podkladů.

Podářilo se získat pouze dva stabilitní posudky z roku 1972 [22, 23] a nový inženýrsko-geologický průzkum z roku 2017 [17]. Dále byly k dispozici archivní průzkumné vrtý, které uvádím v další části.

7.2. Vrtná prozkoumanost území

V užším řešeném prostoru bylo do současnosti realizováno celkem 13 vrtů. Jedná se jednak o vrtý ložiskové a jednak vrtý inženýrskogeologické, z nichž některé byly vystrojeny jako hydrogeologické pozorovací nebo inklinometrické. U ložiskových vrtů je popis velmi stručný, zaměřený na petrografii bez podrobnějších informací o geomechanické kvalitě hornin. U nejstarších vrtů z roku 1941 je popis ještě v němčině.

Inženýrskogeologické informace použitelné pro stabilitní řešení sesuvné oblasti obsahuje pouze série archivních vrtů z roku 2017, uvedené v následující tabulce.

Tab. č. 2 Přehled archivních vrtů

Vrt	X [m]	Y [m]	Z [m]	Hloubka [m]
a/1941	974 730,82	777 281,55	265,00	71,12
e/1941	974 705,80	777 062,86	262,20	68,70
f/1941	974 826,34	777 104,03	258,72	56,60
g/1941	974 902,34	777 340,54	261,20	60,60
h/1941	974 838,97	777 459,76	264,53	65,00
11/1957	974 528,83	777 306,81	268,88	65,50
Tp-1/1958	974 713,65	777 445,72	266,61	68,30
Tp-2/1960	974 647,19	777 335,01	267,55	125,00
Tp-44	974 631,90	776 948,40	257,23	147,50
Tp-45	974 854,30	777 109,50	257,55	110,30
IK-1	974 730,04	777 220,30	262,11	30,00
IK-2	974 715, 13	777 200, 80	261,81	20,00
JH-3	974 728,21	777 209,38	262,21	15,00

7.3. Geomechanická prozkoumanost území

Údaje o geomechanických vlastnostech zemin z řešené lokality jsou poměrně sporé. V archivních podkladech jsou informace o odběru 6 neporušených vzorků ze tří průzkumných rýh, realizovaných v roce 1975 [22]. Jejich umístění bylo voleno tak, aby odebírané vzorky reprezentovaly charakteristické prostředí nadloží, tzn. kontaktní zónu pod štěrkopískovým horizontem, kde je konzistence ovlivněna neustálým stykem s podzemní vodou; dále přibližně střední horizont jílu pevné konzistence a konečně jíly nabývají jílovcový charakter na třetím skrývkovém řezu. Z každé rýhy byly odebrány dva neporušené vzorky a to tak, že první vzorek byl odebrán z hloubky cca 35cm od úrovně stávajícího terénu a druhý vzorek z hloubky 50 – 60 cm. U vzorků byla zjišťována hodnota objemové hmotnosti přirozeně vlhké zeminy a smyková pevnost v efektivních parametrech. Smyková zkouška byla prováděna v krabicovém přístroji při rychlosti posunu čelistí 0,01mm/min. Výsledky zkoušek shrnuje následující tabulka (absence jednoho vzorku z rýhy R-1 nebyla v archivním podkladu objasněna).

Tab. č. 3 Výsledky laboratorních zkoušek zemin z r.1975 [22, 23]

Sonda	Hloubka odběru (cm)	ρ_n (kg.m ⁻³)	φ' (°)	c' (kPa)
R-1	30	2000	12°25'	20
R-2	50	2000	9°55'	45
R-2	30	2100	17°45'	18
R-3	40	2100	19°40'	28
R-3	60	2100	17°15'	40

[23] uvádí, že v roce 1970 byla provedena série smykových zkoušek u vzorků ze sousedního pole lomu ČSM. Krabicové zkoušky byly opět prováděny s rychlostí smyku 0,01 mm.min⁻¹ a výsledky jsou tudíž prezentovány jako efektivní smyková pevnost. Zpracovatel původního elaborátu (RNDr. J. Zmítka [25]) uvádí průměrné hodnoty pro:

- jílovité zeminy povrchové partie: $\varphi' = 12^\circ 10'$ $c' = 30$ kPa
- jílovité zeminy spodní partie: $\varphi' = 7^\circ 15'$ $c' = 80$ kPa
- štěrkovité zeminy: $\varphi' = 26^\circ 00'$ $c' = 5$ kPa

Relativně velký počet vzorků zemin byl odebrán během dalšího průzkumu lokality, provedeného firmou AZ-Consult s.r.o. v roce 2017 [6]. Ze tří vrtů IK-1, IK-2 a

JH3 bylo odebráno celkem 15 vzorků. Z toho čtyři vzorky měly charakter neporušený a byly na nich provedeny smykové zkoušky. Ostatní vzorky byly poloporušené a sloužily ke stanovení tzv. indexových parametrů. Hloubky odběrů se pohybují souhrnně v intervalu 1,0 – 23,0 m. Přehled výsledků zkoušek je uveden v následujících tabulkách:

Tab. č. 4 Výsledky indexových zkoušek zemin z r.2017 [6]

Vrt	Hloubka	w_n	w_p	w_L	I_p	I_c	d_{002}	I_A	ČSN 73 6133	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(-)	(%)	(-)	třída	Konzistence
IK-1	1	30,7	31,7	91,2	59,5	1,02	63	0,97	F8/CE	PE
IK-2	2	29,9	30,4	77,5	47,1	1,01	65	0,74	F8/CV	PE
JH-3	4	30,6	26,4	66,0	39,6	0,89	53	0,76	F8/CH	TU
IK-1	4,8	36,0	29,1	71,9	42,9	0,84	61	0,71	F8/CV	TU
IK-2	5,3-5,5	27,2	26,8	69,6	42,8	1,01	54	0,71	F8/CH	PE
IK-1	6,5-6,8	28,8	23,2	55,7	32,5	0,83	56	0,59	F8/CH	TU
JH-3	6,7-7,0	28,7	30,7	76,5	45,8	1,04	50	0,94	F8/CV	PE
IK-2	8	25,9	22,3	55,7	33,3	0,89	55	0,62	F8/CH	TU
JH-3	8,5	30,1	30,6	77,0	46,4	1,01	62	0,76	F8/CV	PE
IK-1	9,1-9,4	30,0	36,4	86,2	49,9	1,16	42	1,22	F8/CV	PE
IK-2	12,0-12,3	29,1	34,5	83,2	48,7	1,16	45	1,09	F8/CV	PE
JH-3	14	24,4	26,4	80,9	54,5	1,04	66	0,84	F8/CV	PE
IK-2	16	24,3	24,8	74,4	49,6	1,01	64	0,79	F8/CV	PE
IK-1	17,6	16,5	25,2	60,8	35,6	1,24	49	0,71	F8/CH	PE
IK-1	23	21,7	22,6	58,6	36,0	1,03	54	0,68	F8/CH	PE
Legenda Parametry: w_n – vlhkost hmotn. Konzistence: TU – tuhá w_p – mez plasticity PE – pevná w_L – mez tekutosti I_p – index plasticity I_c – index konzistence d_{002} – podíl jílního zrn I_A – index koloidní aktivity Vzorky jsou seřazeny podle vzrůstající hloubky odběru										

Tab. č. 5 Výsledky smykových zkoušek zemin z r.2017 [6]

Vrt	Hloubka	ϕ'	C'	ϕ_{rez}	C_{rez}
		(°)	(kPa)	(°)	(kPa)
IK-2	5,3-5,5	20	11	9	0
IK-1	9,1-9,4	17	13	6,5	0
IK-2	12,0-12,3	18,5	18	7	0
IK-2	17,6-17,8	25	0	11,5	0

Ze zkoušek [6] odvozuje následující závěry:

„Výsledek jednoznačně ukazuje na přítomnost vysoce plastických jílní a jílovců, ať již v nadložních vrstvách nad uhlím, tak z nich vytvořených navážek. Hranice mezi vrstvou navážek a původním terénem není ve vrtech zcela přesně určitelná, ale s největší pravděpodobností se pohybuje v hloubce mezi 6 a 8 metry. Shodný hloubkový interval

naznačují i výsledky laboratorních klasifikačních zkoušek, od hloubky 8 m ukazují znatelně vyšší homogenitu.“

Co se týká smykové pevnosti, uvádí stejný autor, bez ohledu na hloubku, hodnotu vrcholové pevnosti $\varphi' = 22^\circ$ $c' = 5$ kPa a reziduální pevnosti $\varphi_{\text{rez}} = 9^\circ$ $c_{\text{rez}} = 0$ kPa.

Namrzavost všech vzorků je stanovena jako vysoce namrzavá. Vhodnost použití do náspu, pro homogenní hráz, stabilizace je dle ČSN 73 6133 a ČSN 75 2410 stanovena jako nevhodná nebo málo vhodná.

Skladba vrstev jílovitých vzorků se liší schopností vázat vodu, což se projevuje v hodnotách indexu plasticity. Jíly mají zpravidla index plasticity vyšší než 35%. Indexem plasticity je rozdíl mezi hodnotami:

$$W_1 \text{ a } W_p.$$

$$I_p = W_1 - W_p$$

Index konzistence zeminy určuje i její schopnost přenést zatížení.

$$I_c = \frac{W_l - W_n}{W_l - W_p} = \frac{W_l - W_n}{I_p}$$

Tab. č. 6 Výsledky prosévací zkoušky zemin z r. 2017 [6]

IK-1	Stanovení zrnitosti zemin								
	Hloubka (m) 9,1 – 9,4								
	Velikost zrna v mm	0,5	0,25	0,125	0,0395	0,0126	0,0065	0,0033	0,0014
	Hmotnostní podíl %	100,0	100,0	100,0	80,0	73,9	60,5	48,3	35,4
	Hloubka (m) 17,6 – 17,8								
	Velikost zrna v mm	0,5	0,25	0,125	0,0377	0,0123	0,0062	0,0032	0,0013
IK-2	Hmotnostní podíl %	99,2	98,1	97,3	92,0	77,9	66,4	54,5	45,1
	Hloubka (m) 5,3 – 5,5								
	Velikost zrna v mm	125	63	31,5	16	8	4	2	1
	Hmotnostní podíl %	100,0	100,0	100,0	100,0	98,4	96,6	95,5	93,2
	Velikost zrna v mm	0,5	0,25	0,125	0,0397	0,0127	0,0064	0,0033	0,0014
	Hmotnostní podíl %	90,6	88,3	86,7	79,2	75,3	67,8	58,1	51,7
	Hloubka (m) 12,0 – 12,3								
	Velikost zrna v mm	0,5	0,25	0,125	0,0387	0,0123	0,0063	0,0032	0,0013
	Hmotnostní podíl %	100,0	99,3	98,1	84,5	81,8	70,6	55,8	35,3

V tabulce u IK-1 a částečně IK-2 je vynechána velikost zrn a 125 až 1, protože je hodnota hmotnostního podílu ustálena na 100%.

Zkušební postup je zpracován dle ČSN EN ISO 17892 – 4/2017. Nejistota měření je 6,3%.

7.4. Stávající monitoring území

V současné době jsou v území instalovány dva vrty vystrojené inklinometrickou pažnicí a jeden vrt vystrojený jako hydrogeologický pozorovací. Všechny vrty byly realizovány v roce 2017 a po provedení tzv. nultého měření byl stanoven harmonogram dalšího sledování v četnosti 1x za 3 měsíce. V době zpracování tohoto textu byly k dispozici výsledky prvního průběžného měření, z nichž zatím nelze činit jednoznačné závěry. Vrt IK-1 vykazuje změny v rámci chyby měření, vrt IK-2 vykazuje vyklánění horních 5m stvolu generelně ve směru spádnice s maximální odchylkou 1,2 cm oproti nultému měření.

7.5. Popis sesuvu a výsledky terénního mapování

Celé sesuvné území postihuje v současnosti oblouk východního okraje zbytkové jámy lomu Liebig v šířce minimálně 200 metrů. K iniciálním pohybům došlo již krátce po ukončení těžby.

V posudku J. Mudrocha [22] je uvedena mapa svahových deformací v aktuálním měřickém podkladu. V mapě je vyznačen plošný sesuv v ose oblouku o půdorysu $\bar{s} = 100$ m, $d = 140$ m s odlučnou hranou na úrovni 260 - 265 m n. m. a s patrnou akumulací oblastí na horizontu cca 244 m n. m. Ve střední části skluzu jsou zaměřeny vodou vyplněné bezodtoké deprese o rozměrech až 5 x 10m.

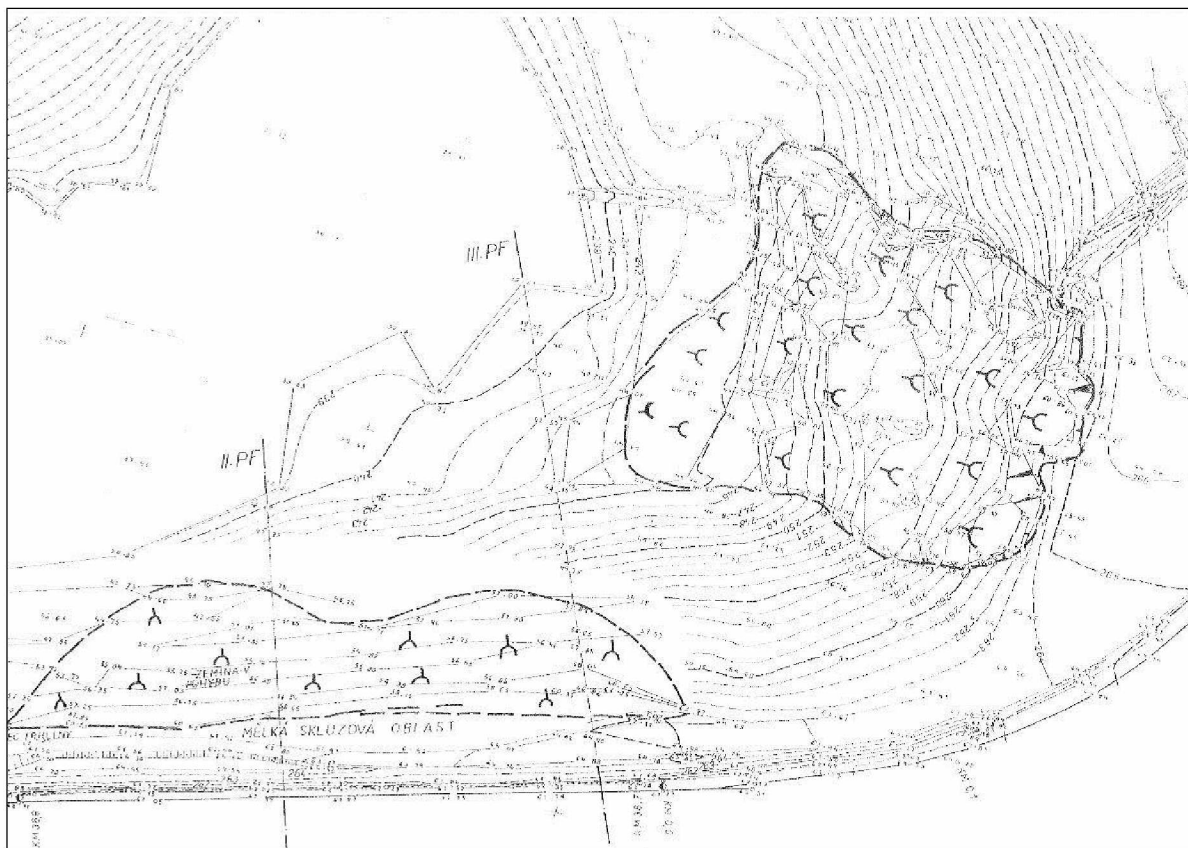
Druhé sesuvné území je vyznačeno cca 100 - 150 metrů jihozápadně pod kolejištěm a komunikací. Toto území je označeno jako „mělká skluzová oblast“ v šířce 220 metrů bez detailního rozlišení odlučné a akumulací části. V měřickém podkladu je uvedena poznámka „zemina v pohybu“.

Pro úplnost je nutné ještě doplnit, že obr. č. 10 (ne příliš zřetelně) ukazuje i tehdejší úroveň vodní retence. Hladina je uvedena na kótě 238,83 m n. m.

Mudroch [23] popisuje sesuvnou oblast následovně: „Pata svahu zasahuje pod hladinu stávající vodní retenční nádrže. Výška svahu od kolejiště k úrovni hlavy sloje činí cca 50 m. Východní svahy byly v minulosti sesvahovány. tato úprava nebyla prováděna v

úseku s příliš strmým svahem skrývkových řezů a se stísněnými prostorovými možnostmi. Posuzované svahy, zvláště v upravených partiích, byly postiženy lokálními skluzovými jevy, které jsou převážně mělkého charakteru. Výjimkou je poměrně rozsáhlý skluz v severovýchodní rohové partii dolového pole v důsledku výronu pramenů ve spojení s nedostatečně konsolidovaným terénem.“ Dále pak popisuje výsledek místního šetření: „Těžební řezy v neupravené podobě si dochovávají téměř nepozměněný tvar od ukončení těžby.“ Toto konstatování se týká I. a III. skrývkového řezu, neboť stěna II. skrývkového řezu není dochována, protože byla předmětem terénních úprav. Stěna spodního skrývkového řezu si udržuje prakticky kolmou polohu i přes tu skutečnost, že její patní část se nachází pod vodní hladinou retenční nádrže. V současné době je upravená část svahů směrem k silnici I/8 zastižena lokálními skluzovými jevy mělkého charakteru. Na kontaktu šterkové polohy s jílovitým nadložím dochází k četným vývěrům podzemní vody z propustného prostředí. V době prohlídky byly zjištěny ledové kaskády na svazích a současné plošiny byly pokryty ledovým krunýřem. Na tomto místě považujeme za nutné uvést, že současný tvar svahů nezaručuje plynulý odtok vyvěrající vody. Tato skutečnost nepříznivě ovlivňuje geomechanické vlastnosti jílovitých zemin. Voda vniká do puklin jílovitých materiálů, zde způsobuje rozbrzdění na povrchu puklin a zátrhů. To potom vede ke snížení pevnosti jílovitých zemin.“

V dalším posudku J. Mudrocha [23] je k území pod kolejištěm uvedeno následující doplnění: „Skluzovými jevy je postižen upravený svah I. a II. skrývkového řezu. Úprava svahu byla provedena provozem lomu a spočívala ve vytvoření jednotného svahu tak, že odřezové materiály byly přehrunty do odtěžených prostor k dřívějším stěnám I. a II. skrývkového řezu a zbytek materiálu byl rozhrnut na dřívější plošinu vnitřní výsypky. Zde je nutno upozornit na to, že zeminy v násypových částech nebyly hutněny. V předcházející části bylo uvedeno, že skluzové jevy jsou mělkého charakteru. Kluzné plochy ve většině případů procházejí v úvodních partiích jílovitého nadložního souvrství.“



Obr. č. 10 Stav území v roce 1975

Mapování současného stavu bylo provedeno v prvním čtvrtletí roku 2018. Během opakovaných prohlídek sesuvné oblasti jsem zaznamenal následující skutečnosti.

Morfologie terénu naznačuje pravděpodobný stav zakreslený v roce 1975. Starý a novější sesuv se částečně překrývají. Průzkum terénu proběhl mezi únorem a červnem letošního roku. Při něm byly zaznamenány indicie naznačující plouživý neustálený pohyb svahu, kdy rychlost sesouvání je závislá na roční době a úhrnu srážek. Je pravděpodobné, že v některých měsících je pohyb zcela ustal a území je uklidněno. Komunikace podél horní hrany svahu nese nejmarkantnější známky sesuvu v podobě poklesů (až o 40 cm) a příčných trhlin. Z terénu svahu lze vysledovat i přes pokročilou sukcesi vzniklé zátrhy, které se později zanášejí a zřejmě i zanikají. Svah je postižen četnými drobnými sesuvy mělkého charakteru, kdy vznikají jednotlivé plošiny, které mají jen minimální sklon nebo sklon zcela chybí. Skluzové plochy tvoří sférické řezy s úhlem sklonu 30° až 45°. Při prvním ohledání tj. v únoru byla zjištěna východním směrem akumulace slabě proudících pramenů vyvěrajících zpravidla u paty lokálních sesuvů, kdy akumulovaná voda tvořila kaluže nebo jen bažinatý úsek s viditelnou oxidační krustou na hladině dokazující

přítomnost vyluhovaných hydroxidů železa z hlubších partií svahu. Při posledním průzkumu, kdy květnové srážkové úhrny byly nízké, voda z povrchových vývěřů již nebyla zjištěna. Přítomnost pramenů je zřejmě závislá na četnosti srážek, kdy se tento stav nepravidelně opakuje což je vidět i na zaplavovaném úseku přítomností dlouhodobé vlhkosti, lokální skladbou vegetace v prostoru akumulace vody a drobných dejekčních kuželů u předpokládaných vývěřů pramene. V terénu není možné stanovit hranici mezi starým a novým sesuvem. Eroze terénu je viditelná v podobě vymletých rýh od přívalových dešťů směřujících kolmo po svahu. Denudace terénu postupně tyto projevy zahlazuje. Ve vzdálenější oblasti mimo řešené území je prostředí svahu stabilnější. Jsou zde viditelné zbytky těžebních etází a projevy sesouvání zde nejsou viditelné. Jihozápadně se u kraje silnice nachází již zmiňovaný propad starého důlního díla zasypaného kamenivem. Z dendrologického hlediska je skladba dřevin vyvážená co do smíšenosti a hustoty lesního porostu listnatých dřevin. Jsou zde také patrné projevy sesuvu v podobě pokřivenosti lesního porostu, který však není tak výrazný. Znatelnější projevy sesouvání jsou na porostu viditelné v koruně svahu a prostoru kontrolních vrtů. Jsou zde sledovány i důsledky již zmiňovaného problému chybějícího odtoku retenčních vod [21], kdy některé úseky břehu včetně porostu zejména v oblasti paty svahu, kde došlo k akumulaci sesunutého materiálu, jsou již zatopeny. Uhynulý stromový porost lemuje břeh do vzdálenosti až 10 metrů. Menší přítok vody do zatopeného lomu je zaznamenán od Újezdečka jihozápadně u železničního viaduktu. Jde zřejmě o důlní vodu poměrně s obsahem (cca $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) s obsahem rozpadových produktů sulfidů železa což dokládají okrové usazeniny. Přetrvávající sucha mezi květnem a červencem způsobila značnou evaporaci a pokles hladiny v lomu (cca o 20 cm).

7.6. Komentář k příčinám sesuvu

Z dřívější dokumentace a vlastních prohlídek vyplývá, že dnes již prakticky souvislé sesuvné území je výsledkem postupné degradace svahové struktury s vzájemným rozšiřováním, překrýváním a silovým ovlivňováním dílčích sesuvů. V dalším se věnuji základním příčinám, které mají kromě vzájemného spolupůsobení ještě jednu společnou charakteristiku a tou je dlouhodobý časový faktor.

Z obecného pohledu lze jednotlivé příčiny rozdělit do následujících okruhů:

a) Mineralogicko-petrografické složení jílu

Z výše uvedených indexových zkoušek jednoznačně vyplývá, že nadložní jíly v lomu Liebig jsou vysoce plastické. Podle Mudrocha [23] jsou tvořeny hlavně illitem a Ca-montmorillonitem, což jsou jílové minerály velmi náchylné k jímání vody do strukturní mřížky. Výsledkem je bobtnání a rozbředání jílovitých sedimentů. Uvážíme-li potom dlouhodobé působení atmosférických činitelů, které destruktivně působí na zeminy ve svahu (cyklické rozbředání a vysychání, působení mrazu...), je zřejmé, že se nutně zhoršují příslušné geomechanické charakteristiky zemního tělesa.

b) Působení vody

Voda proniká do rozpukaných jílovitých zemin jednak ze srážek, jednak ze svrchního zvodnělého horizontu kvartérních štěrků. Postupně se zvyšuje vlhkost zeminy a při dlouhodobém sycení vodou potom dochází k rozbředání. To má za následek pokles smykové pevnosti s následným vznikem sesuvů.

V případě propustných štěrků se uplatňuje vliv proudového tlaku. Dochází k vyplavování jemných součástek zeminy. Tím je narušena jejich struktura, což má v konečné fázi za následek zřícení prakticky kolmých stěn na I. skrývkovém řezu.

K celkové dotaci svahu vodou lze ještě připočíst přítoky zejména přivalových srážkových vod z porušených zpevněných ploch komunikace a neudržovaných příkopů.

Patní část celého svahu je navíc postupně nadlehčována a porušována stoupající hladinou v zatopeném lomu (místně nazývaném Stříbrný rybník). [6] udává následující tabulku vývoje hladiny v nádrži:

Tab. č. 7 Úrovně hladiny vody v zatopeném lomu (Stříbrný rybník) [6]

Datum měření	Hladina (m n. m.)
Červen 74	238,83
Prosinec 93	242,20
Červen 95	245,32
Červen 03	246,40
Červenec 17	249,49
Listopad 17	249,41

c) Nevhodná technická rekultivace

Výše popsaná terénní úprava dřívějšího I. a II. skrývkového řezu značnou měrou přispěla k vytvoření příznivých podmínek pro vznik skluzů. Provedenou úpravou svahů

bylo totiž přehrnuto rozhraní jílovitého podloží a kvartérního zvodnělého horizontu. Přičemž na toto rozhraní je vázán výskyt vodních vývěrů, které dlouhodobě sytí nez hutněné materiály jílovitého charakteru. Navíc zde vznikají i chaoticky rozmístěné dílčí zvodně, predisponované složením nahnutých zemin. Nermalou měrou tomu přispívá i periodické působení sucha a mrazu v závislosti na ročním období což prohlubuje degradaci a další pohyb zemin [4]. Výsledkem jsou pak sesuvy někdy až proudového charakteru.

7.7. Stabilitní posouzení stávajícího stavu

Podkladem pro návrh sanace by měla být i znalost stabilitních podmínek, tj. odvození nebo ověření geomechanických vlastností materiálů svahu a průběh smykových ploch.

Stabilitou svahu se v minulosti zabývali jak [22, 23], tak i [6].

Mudroch řešil stabilitu ručním výpočtem klasickou proužkovou metodou dle Petterssona a použil následující parametry:

Tab. č. 8 Vstupní výpočetní parametry zemin dle [22, 23]

Druh zeminy	Objem. hmotnost	φ'	C'
Štěrky	2200 kg.m ⁻³	26°	0 kPa
Jíly tuhé	2000 kg.m ⁻³	12°	20 kPa
Jíly pevné	2100 kg.m ⁻³	7°40'	35 kPa
Jíly pevné až tvrdé	2100 kg.m ⁻³	19°40'	28 kPa

[6]provedli poměrně rozsáhlou a podrobnou stabilitní studii, v níž uvažují daleko větší množství vrstev, z nichž pro naše účely jsou relevantní následující:

Tab. č. 9 Vstupní výpočetní parametry zemin dle [6]

Druh zeminy	Objem.tíha	φ'	C'
Navážka	17,0 kN.m ⁻³	16°	4 kPa
Jíl	17,0 kN.m ⁻³	8-18°	8-10 kPa
Jílovec	17,0 kN.m ⁻³	18,5°	30 kPa

Pro stabilitní výpočty v rámci předkládané práce jsem použil Bishopovu zjednodušenou metodu mezní rovnováhy sil, která je součástí výpočetního software *SLIDE* (Rocscience Ltd. Toronto, Kanada).

Pro řešení jsem zvolil dva výpočetní profily, vedené skluzovým územím víceméně kolmo na svah. Profil I je veden přes inklinometrický vrt IK-1, profil II přes inklinometrický vrt IK-2. Okrajové body výpočetních profilů jsou dány následujícími souřadnicemi:

Tab. č. 10 Vymezení výpočetních profilů

	Bod 1	Bod 2
Profil I	y = 777 352,2 x = 974 642,6	y = 777 203,5 x = 974 750,7
Profil II	y = 777 178,4 x = 974 734,3	y = 777 306,1 x = 974 628,2

Zemní prostředí studovaného svahu jsem rozdělil do vrstev podle psaných profilů vrtů IK-1 a IK-2. Rozlišuji tedy vrstvy:

- svrchní vrstva jílovito-štěrkovitých navážek
- střední vrstva jílu převážně tuhé až pevné konzistence
- spodní vrstva jílu a jílovců pevné až tvrdé konzistence

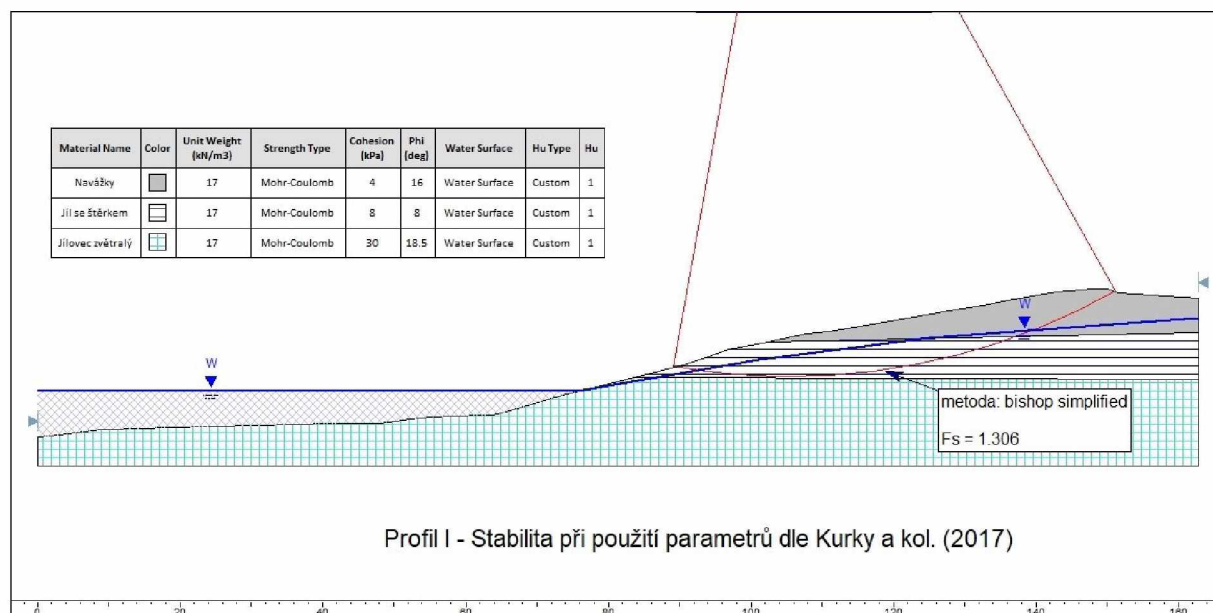
Otázka přiřazení optimálních výpočetních parametrů jednotlivým vrstvám je nejdůležitějším krokem stabilitního výpočtu. V případě mých výpočtů se v prvním kroku řešení přikláním ke vstupním hodnotám dle [6] – viz tab. č. 9.

Cílem úvodních výpočtů je ověření působících pevnostních parametrů při současném zjištění zjištěných geotechnických podmínek a chování svahu. Jde tedy vlastně o zpětný výpočet, kdy výsledkem není primárně stupeň bezpečnosti, ale kombinace pevnostních charakteristik, které budou vyhovovat zvoleným okrajovým podmínkám. Okrajové podmínky definuji následovně:

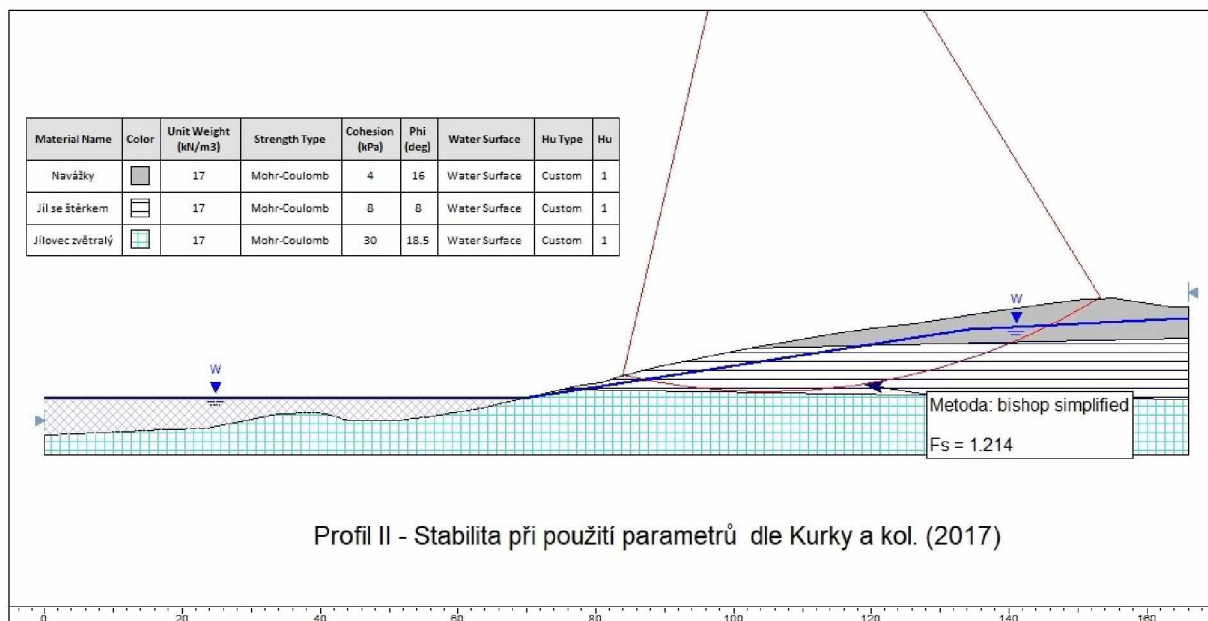
- a) Tvar svahu je odvozen ze zaměření z r. 1974, tedy před porušením. Hladina vody v retenci je však modelována v současné úrovni 249,40 m n. m.
- b) Hladina podzemní vody ve svahu je modelována jako zaoblená spojnice hladiny v retenci a úrovně zjištěné průzkumem z r. 2017
- c) Hledáme smykové parametry tak, aby se svah dostal na úroveň labilní rovnováhy. Ta je vyjádřena výsledným stupněm bezpečnosti $F_s \approx 1,00$.

d) Za konstanty výpočtu se považují hodnoty objemové tíhy a smykové pevnosti spodní vrstvy pevných až tvrdých jíílů. Hledáme optimální hodnoty smykové pevnosti navážkové vrstvy a tuhých jíílů, ve kterých předpokládáme průběh smykové plochy

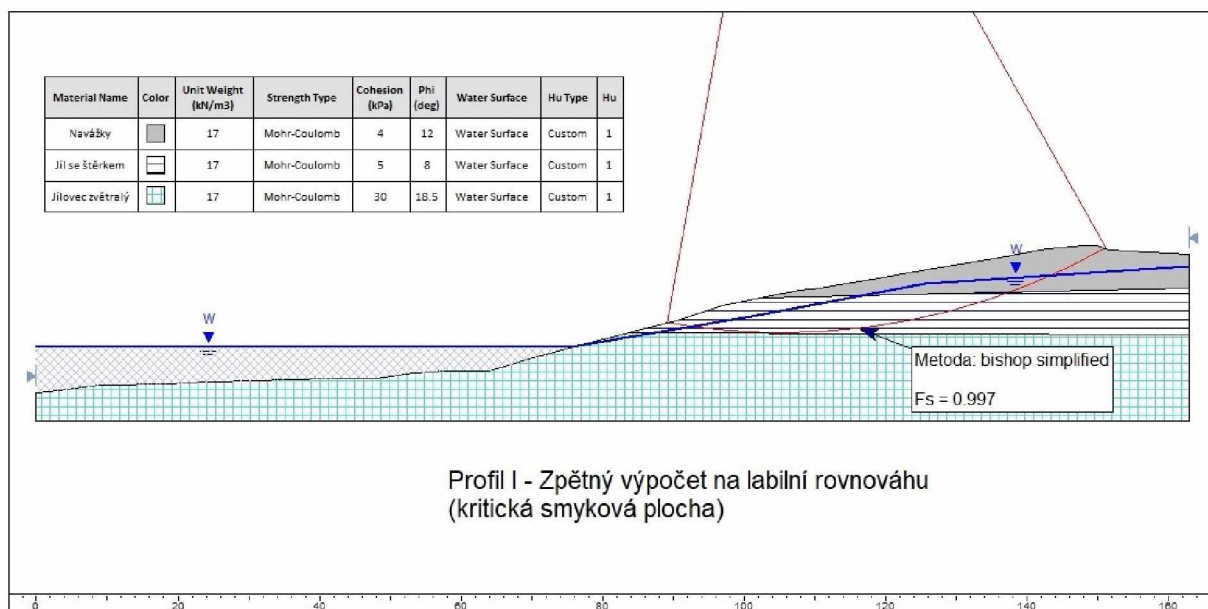
Na následujících obrázcích jsou výstupy stabilitních výpočtů. První dva výpočty byly provedeny s použitím parametrů zemin dle [6] Výsledné stupně bezpečnosti $F_s = 1,306$ resp. $F_s = 1,214$ nevyhovují výše popsaným okrajovým podmínkám. Proto byly parametry sníženy. Výsledky, korespondující s předpokladem labilní rovnováhy jsou uvedeny na dalších dvou obrázcích. Poslední dva obrázky zobrazují souhrn všech smykových ploch, které vykazují stupeň bezpečnosti menší než $F_s = 1,05$. Jedná se tedy o zónu, ve které může dojít s největší pravděpodobností k porušení svahu.



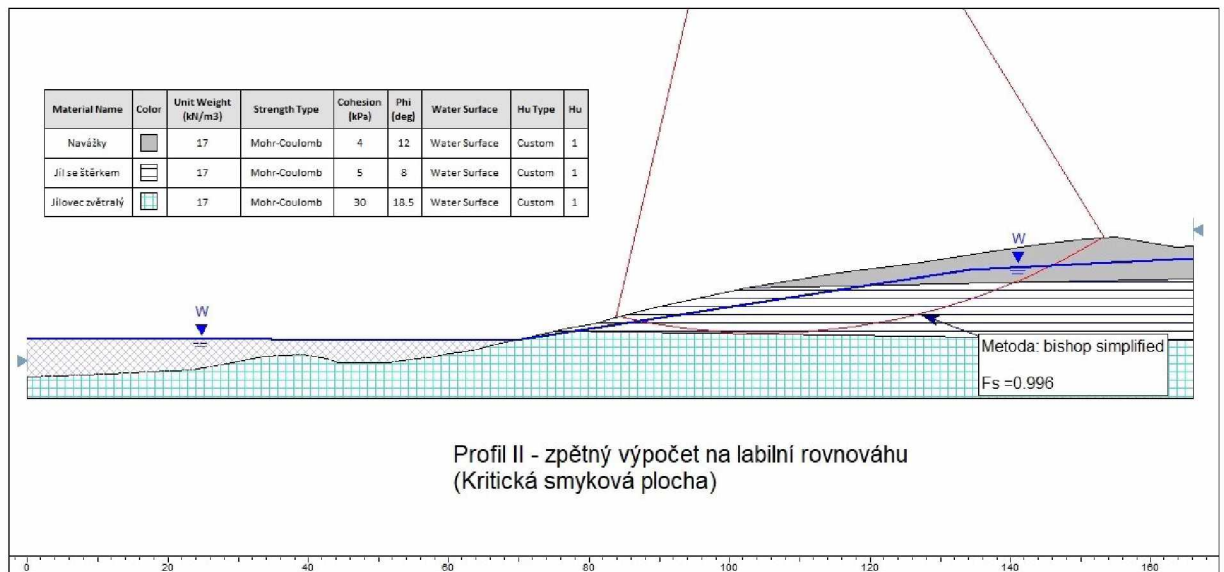
Obr. č. 11 Profil I, stabilita při použití parametrů dle [6]



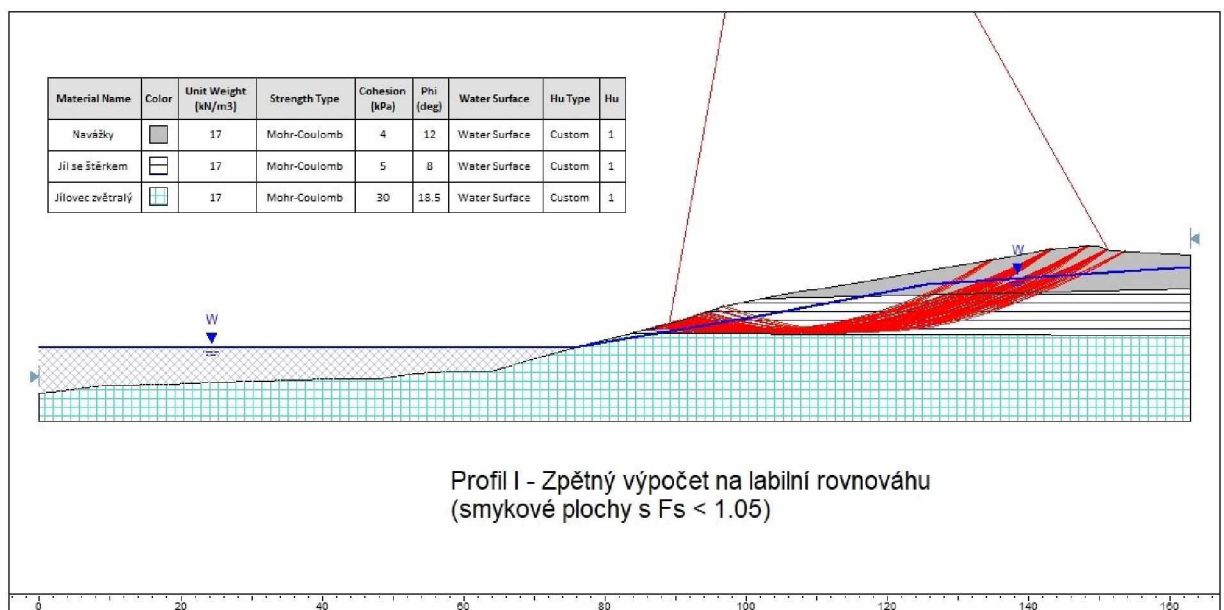
Obr. č. 12 Profil II, stabilita při použití parametrů dle [6]

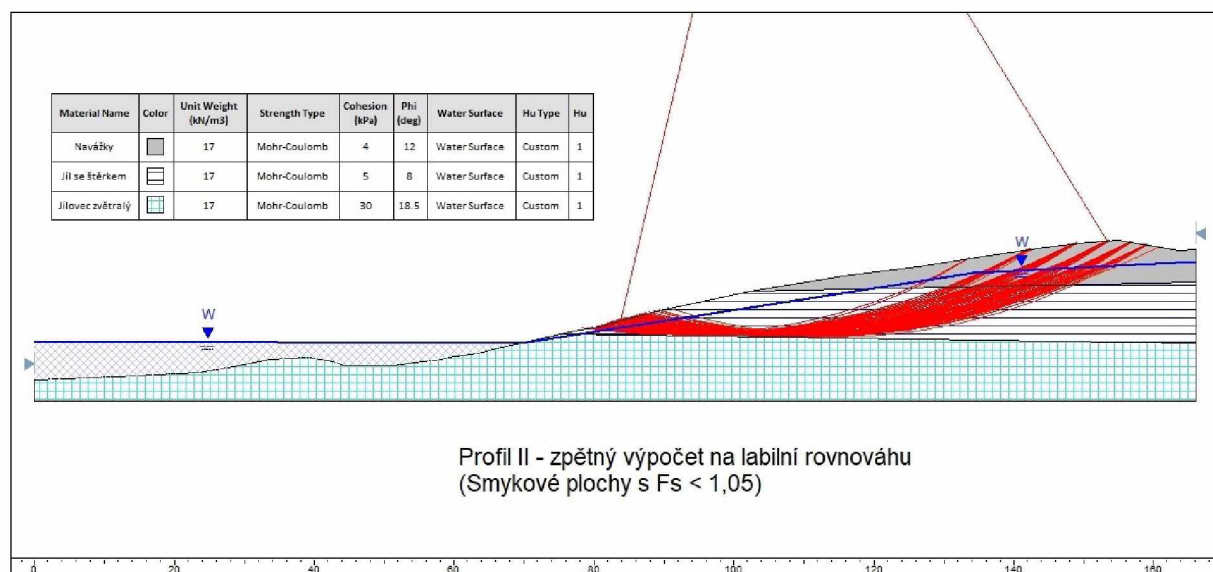


Obr. č. 13 Profil I, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (kritická smyková plocha)



Obr. č. 14 Profil II, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (kritická smyková plocha)

Obr. č. 15 Profil I, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (smykové plochy s $F_s < 1.05$)

Obr. č. 16 Profil II, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (smykové plochy s $F_s < 1,05$)

Parametry, odvozené z labilní rovnováhy a použité pro další úvahy jsou tedy následující:

Tab. č. 11 Odvozené parametry zemin dle zpětné analýzy

Druh zeminy	Objem. tíha	ϕ'	C'
Navážka	17,0 kN.m ⁻³	12°	4 kPa
Jíl	17,0 kN.m ⁻³	8°	5 kPa
Jílovec	17,0 kN.m ⁻³	18,5°	30 kPa

Tyto můžeme považovat za pevnost reziduální.

7.8. Návrh sanačních opatření

Sanace svahu musí zajistit trvalou stabilitu území a zároveň by měla umožnit i jeho další společenskou využitelnost. Přístup k výběru sanační metody musí vycházet z posouzení více faktorů, kterými jsou zejména:

a) Společenský význam území a stupeň ohrožení veřejných zájmů

Není možno zpochybnit nutnost sanace a její spolehlivost v rámci platných normativů a právních předpisů. Přesto se způsob a rozsah sanace může do značné míry odvíjet i od závažnosti a stupni ohrožení veřejných zájmů. Je nesporné, že jinak se bude přistupovat k sanaci svahu, kde vede důležitá dopravní tepna a je přímo ohroženo zdraví a životy obyvatel a jinak k sanaci svahu v lesních pozemcích mimo obytnou zónu. Řešený prostor zbytkové jámy lomu Liebig se svým charakterem blíží spíše k druhému zmíněnému

příkladu. V současné době je území spíše na okraji veřejného zájmu. Doprava na komunikaci je minimální a omezuje se víceméně jen na rekreační cyklistiku. Trať ČD a nádraží jsou rovněž dlouhodobě mimo provoz s nejistou vyhlídkou na jejich obnovení. Sesuv jako takový je dnes víceméně uklidněný a nehrozí akutní nebezpečí jeho větší náhlé destrukce.

b) Územní a prostorové limity

Sesuvné území tvoří svah, omezený v patě vodní retencí, která do značné míry limituje práce v tomto prostoru. Naopak je nutné i do budoucna počítat s možným nárůstem úrovně hladiny. V rámci sanace není možné za technicky a ekonomicky přijatelných podmínek hladinu v retenci snižovat a na snížené úrovni udržovat. Území mezi hladinou a hranicí ochranného pásma železnice nedává dostatečný prostor pro výraznější sesvahování horní části sesuvného území.

Horní hrana sesuvu je omezená stávající porušenou asfaltovou komunikací. Za ní se nachází prostor kolejíště a nádraží Teplice – Lesní brána. I když je momentálně trať nevyužívaná, není možné sanačními pracemi do tohoto prostoru razantně vstoupit. Území sesuvných svahů je v majetku Lesů ČR. Každý zásah je tedy vázán na projednání a souhlas s majitelem.

c) Přírodní podmínky a ekologické faktory

Řešené území je v současné době lesním pozemkem. Je tedy třeba počítat s tím, že bude nutné sanaci dotčené plochy dočasně vyjmout z lesního fondu a následně opět zalesnit. Rekultivace tudíž musí být nedílnou součástí projektu. Řešení musí zpětnou lesnickou rekultivaci umožnit. Současně musí odpovídat nárokům krajiny tvorby v širších územních souvislostech.

d) Faktická realizovatelnost a účinnost

V současné době je zalesněný a morfologicky členitý sesuvný svah prakticky nepřístupný pro jakoukoli techniku. V první řadě musí být tedy provedeno jeho zpřístupnění a to jednak výše naznačeným odlesněním a výstavbou manipulační provozní cesty. Ta bude sloužit pro dopravu techniky a materiálu. V ideálním případě může být tato cesta součástí konečného řešení s následnou využitelností v rámci rekultivace.

Účinnost zvolené sanace se prokazuje v rámci projektu stabilitním výpočtem. V praxi se ověřuje následným monitoringem území.

e) Finanční náročnost

Náklady na provedení sanace jsou v praxi v podstatě primárním kritériem, bez ohledu na to, z jakých prostředků budou hrazeny. Řešení tedy musí nabídnout i co nejvýhodnější poměr ceny a účinnosti.

Charakter sesuvu omezuje použití větších stavebně technických prvků typu pilotových nebo kotvených stěn. Pilotová stěna při horní hraně svahu sice může spolehlivě ochránit veřejné zájmy za sesuvem (prostor železniční trati), ale neřeší další pohyb sesutých hmot. Pro její kotvení není v geologické stavbě k dispozici dostatečně pevné a stabilní prostředí.

S ohledem na výše popsané okolnosti navrhuji řešit sanaci formou terénních úprav v kombinaci s patní lavicí a odvodňovacími prvky.

8. SANACE

8.1 Možnosti sanace

Sanace sesuvného území v tomto případě je soubor opatření, která mají vyvolat stabilizaci prostředí. Při těžební činnosti byly vytvořeny 4 dobývací řezy, později 5 řezů.

Svahy jsou zpravidla strmější (až 1:2) než je obvyklé v jílech při stavebně inženýrské praxi. Výška a sklon řezů má technologickou povahu z důvodu provozu dobývacích strojů a dopravy. V případě zdejšího lomu bylo dobývání zajištěno pouze lopatovými rýpadly a nákladní automobilovou dopravou. Sesvahování řezů při rekultivaci nebylo řádně dokončeno. Některé úseky svahů byly částečně dosypány navážkou, u které po krátkém čase došlo k sesouvání při konsolidaci terénu. Nápravná opatření jsou o to složitější pro svůj časový odstup, kdy biologicko – rekultivační proces a již pokročilá sukcese ve formě vzrostlých stromů musí být odstraněna a provedena modelace terénu vedoucí k opětovné stabilizaci svahu, který byl během let několikrát postižen menšími sesuvy. Jistá rizika sesuvu může způsobit již kácení porostu, klučení pařezů a stahování dřeva, které bude způsobovat provozní vibrace svahu. Sesouvání není pravděpodobně trvalého charakteru. Pohyb svahu je závislý na ročním období, teplotě a srážkových úhrnech kdy se mění množství vody v zemním tělese. Jednou z možností stabilizace je odtěžení koruny svahu a tím i odlehčení a přesunutí těžného materiálu na jeho patu. Tím dojde k zmenšení sklonu. Ideální řešení to však není, protože přesunutá zemina je tvořena jíly a jílovci, které při zatopené patě rozbrídají a neudrží stabilitu tělesa. Varianta odtěžení koruny svahu s úplným odstraněním původní zeminy a vytvořením patního náspu (zatěžovací lavicí) z propustného materiálu (štěrkem, kamennou drtí) je, podle mého názoru, možný způsob stabilizace svahu za předpokladu, že bude zajištěno účinné odvodnění sesuvného území v celé jeho ploše.

8.2 Monitoring

Monitorovací práce neboli kontrolní sledování, jsou prováděny již nyní. V rámci těchto prací se v oblasti sesuvu nacházejí celkem tři vrty. Po odběru vrtných jader u vrtů IK-1, IK-2 byli vrty vystrojeny inklinometrickou výpažnicí z PVC která je opatřena 4mi vodíci drážkami v celé délce vrtu. Výpažnice je po osazení shora fixována

betonem [17]. Hydrovrt VH-1 zajišťuje sledování vodního režimu v zemním tělese. Vystrojení vrtu je provedeno kolonou trubních filtrů z PVC nebo novoduru. Tyto filtry se především používají pro vystrojení pozorovacího hydrologického vrtu. Filtry jsou vrtané nebo prořezávané. Po sestavě je filtr opatřen obsypem kameniva [3]. Instalace vrtů byla provedena 24. 08. 2017, včetně prvotního měření. Vlastní monitorovací činnost je prováděna periodicky čtvrtletně po dobu 2 let. Princip měření spočívá v zasunutí monitorovací sondy – inklinometru do vypaženého vrtu kdy do drážek zaskočí kovová kolečka a pomocí pružin je sonda fixována na střed vystrojené kolony. Sonda je spouštěna na pomoci lanka na plnou hloubku vrtu a po vytažení je stranově otočena o 90° a měření je provedeno znovu. Hodnotí se údaje vychýlení kolmo osazených pažnic v ose X a Y v určených hloubkách. V případě hydrovrtu se zavádí hladinoměr, který akusticky upozorní na zastíženou hladinu vody a pak je jen odměřena hloubka od hladiny. Výsledné údaje měření jsou zaznamenávány elektronicky. Výsledky měření z inklinovrtu jsou prezentovány formou tabulky nebo lze z údajů měření sestavit graf hodnotící průběh a rychlost sesuvného pohybu. U hydrovrtu je měřená hladina podzemní vody zaznamenána také do tabulky nebo grafu a všechny výsledky jsou sledovány v dlouhodobém časovém horizontu.

8.3 Odvodnění širšího okolí sanované oblasti

Přesto že je svah ukončen zatopenou patou je třeba z oblasti stabilizovaného sesuvu odvádět převážně srážkové vody vnikající puklinami a poruchami po předešlých sesuvech do tělesa svahu. Klimatické změny ovlivňují stabilitu terénu, který je rizikovější v zimním období a při nepříznivém počasí s častým výskytem srážek. V důsledku srážkové činnosti se zvyšuje vlhkost a plasticita zemin [10]. Dobře navržená soustava odvodnění nezaručuje vždy dobrou a spolehlivou funkčnost [10]. Přesto je třeba navrhovanou odvodňovací soustavu řešit co nejjednodušeji s efektivním spádem a nízkým rizikem možného zanešení a tím i následné poruše funkčnosti. Pokud tak nastane, je třeba, aby odvodňovací soustava drenů byla snadno čistitelná za pomoci svislých revizních šachet. Samostatně fungující systém drenáží i tak vyžaduje periodické kontroly v dlouhodobém časovém horizontu. Půdorysný reliéf sesuvného území předurčuje radiální sbíhání drenů od koruny svahu směrem k zatopené patě, kde drény vyúsťují těsně nad vodní hladinou. Funkčnost drenáže je zajištěna gravitačně.

9. REKULTIVAČNÍ ČINNOST

9.1 Předchozí rekultivace

Rekultivace krajiny byla provedena po roce 1973 a to jen částečně jako přechodná náprava prostředí s převahou přirozené sukcese. Pozdější otvírka velkolomů Barbora a Proboštov (těžba byla plánována kolem r. 2020) měla využít prostor k založení výsypky, která by vytěžené lomové oblasti vyplnila na původní úroveň terénu, který byl před otvirkou, s možným navýšením. K otvírce velkolomů však již nedošlo a prostor částečně rekultivovaných lomů nemá odpovídající sklon zaručující dlouhodobou stabilitu. Konsolidace a pozdější degradace svahů má v konečném důsledku vliv na různé projevy nestability. Navíc je zde vlivem dřívější hlubinné těžby poddolované území, kde mohou vznikat propady starých důlních děl. To je případ z roku 2005. Kdy na prvním lomovém řezu (souřadnice $X = 974\ 898$, $Y = 777\ 635$) u silnice Teplice – Újezdeček vznikla bodová propadlina o rozměrech $8,5 \times 10$ m s hloubkou 12 m, která byla sanována čedičovým šterkem. Náprava rekultivačních opatření je problematická v současném stavu krajiny, ve které dochází již k druhé rekultivaci.

9.2 Protierozivní opatření a stabilizace území v rámci rekultivace

Technická rekultivace

Odlesněním a stabilizací svahu oblast prochází podruhé důlně technickým rekultivačním procesem. Dalším postupem je ochrana proti erozi a částečné snižování vlhkosti výsadbou dřevin.

Biotechnický způsob ochrany

Je to technologický soubor úprav terénu navázkou úrodných zemin, technické zajišťování prohlubní a strží utěsnění trhlin po sesuvu popřípadě výstavbou cest. Důležité je také selektivní skrývání kvalitních nadložních zemin respektive zemin schopných lesnické rekultivace a jejich správné vrstvení. Tím je zamezeno vrchní uložení zemin ze spodních vrstev nevhodných pro biologickou rekultivaci. Způsob ochrany má především plnit účel protierozní a také snížit průnik vody do spodních vrstev sanovaného území [16]. Lesní porost plní dvě funkce:

1. Mechanicky upevňuje kořenovým systémem svrchní partie půdy a zvyšuje odolnost proti erozi. Porost však nemůže zabránit sesuvu s hluboko ležícími smykovými plochami.

2. Vysušuje povrchové vrstvy, vhodnou volbou dřevin se maximalizuje odnímání vody ze svrchních partií zeminy, což vede k jejímu vysušování. Vhodnější dřeviny jsou listnaté a rychle rostoucí, zejména olše, topol, vrba, osika, bříza, javor a jeřáb. Významnou funkci plní také drobnější dřeviny a keře jako např. hloh, bezinek a šípek.

V případě lesnické rekultivace není nezbytná kvalitní ornice užívaná pro zemědělskou rekultivaci. Mechanická příprava zemin před výsadbou je důležitá v rámci protierozního opatření. Ornicí se pokryje celé území svahu mimo zatěžovací patní násep, kde je nutnost zachovat drenážní vlastnosti kameniva. Taktéž nebudou ornici překryty trasy drenážních příkopů.

10. KONCEPCE STAVBY A POSTUP STAVEBNÍCH PRACÍ

10.1 Popis prací

Zásah do území postiženého sesuvem vzhledem k typu krajiny vyžaduje přísné dodržování ekologických ohledů a výsledná úprava musí být sukcesí propojena s okolním porostem. Jak stabilizace terénu, tak i rekultivační koncept nesmí narušit krajinný ráz a zároveň v tomto prostředí musí být navržený soubor opatření dlouhodobě funkční s minimálními nároky na údržbu. Stavba klade specifické nároky na zemní práce, použitou techniku a materiál. Povaha prováděných prací vyžaduje odborný dozor geotechnika a projektanta. Před vlastním zahájením sanačních a rekultivačních prací musí být zajištěno místo stavby a zařízení staveniště. Technologický postup prací bude rozdělen do několika etap:

- Příprava území, vytýčení obvodu stavby, vykácení porostu v místě prováděných zemních prací.
- Oprava stávající cesty stržením poškozeného povrchu a jeho nová úprava šterkodrtí nebo živičným obrusem. Navržení přípojně pracovní komunikace pro pohyb techniky po svahu.
- Částečnou výstavbu drenážních prvků a stabilizačních žeber u paty svahu, výstavba svodů.
- Částečné odtěžení a úprava horní partie svahu a přesun zemin na dočasnou skládku
- Provedení stabilizace svahu zásypem paty zatěžovacím materiálem za souběžného dobudování drénů.
- Finální svahové úpravy orniční vrstvou, výsadba dřevin, instalace kontrolních inklinovrtů, likvidace a předání prostoru stavby.
- Postrekultivační dohlídka, periodické monitorovací práce.

10.2 Příprava území na sanaci, navržení komunikace

Sanační práce vyžadují poměrně rozsáhlý přesun zemin s pomocí mechanizace a proto je nutno částečně zprovoznit stávající cestu Teplice Ruská ulice směr Újezdeček.

Cesta je v místě sesuvu poškozena poklesem terénu, který bude dorovnán zásypem štěrkodrti frakce 0 – 63 mm, který bude sloužit jako podkladní vrstvu a 0 – 32 mm jako krycí pojízdná vrstva. Vrchní vrstvu při zhoršené stabilitě možno posílit vrstvami geotextilie a geobuňkami. Nová přípojná cesta určená pro pohyb stavební techniky a přesun materiálu bude vedena jihozápadně přes svah po vrstevnici. Pracovní komunikace je navržena s geotextilií a podkladní vrstvou štěrkodrti frakce 0 – 63 mm tl. 20 mm a vrchní vrstvou 0 – 32 mm tl. 20 mm. Šíře pojízdné vrstvy bude cca 4 m. Sklon zářezu komunikace bude svahován v poměru 1:1 až 1:2,5. Komunikace bude směřována ze stávající silnice od jihovýchodu šikmo po svahu ve sklonu 1:2,5. Po 20 m se bude rozdělovat dvěma směry. Cesty budou směřovat první na horní úrovni svahu a druhá v dolní úrovni svahu tak, aby byl zajištěn pracovní dosah použité techniky. První částí realizace bude plošné odstranění porostu a vegetace na ploše cca 6000 m². Kulatina bude uskladněna na místě plánované deponie bývalého překladiště přilehlého k nádraží. Ostatní vegetace bude vytržena o vybrané větve pro výrobu hatí a zpracována na štěpku. Hatě budou stabilizovat vrstvy ornice při obnově porostu. Odstraněny budou i pařezy.

10.3 Odvodnění svahu

Hlavní příčinou sesuvu je zatékání povrchové vody do svahu což způsobuje vyšší plasticitu jílu. Je nezbytné, aby co nejrychleji byla srážková voda gravitačně svedena do vodní retence likvidovaného lomu. Snížit přítok vody lze soustavou drenážních žebor z propustného materiálu. Drenážní žebra budou realizována v rozsahu 2 – 3,5 m šíře a 1,5 – 2,5 m hloubky. Vyhroubená žebra budou vyplněna propustným štěrkovým materiálem a svodové prvky vystrojeny drenážním potrubím. Drenáže budou směřovány radiálně, východně, po svahu v místech průsaků vyvěrající srážkové vody i v prostoru monitorovacích vrtů u poškozené komunikace. Okrajový drén budou také směřován podél cesty. Napojení bude osazeno plastovou revizní šachtou. Mohou být podle potřeby vystrojené perforovaným potrubím. Plastové potrubí bude uloženo do výkopu, obsypáno štěrkopískem a překryto několika vrstvami filtrační netkané geotextilie a zasypáno štěrkodrtí frakce 16 – 63 mm. Hloubení drenáží bude realizováno postupně od paty svahu nahoru k jeho koruně. Podélný sklon obvodového drénu, tak i jako hloubka jeho uložení je proměnlivá v závislosti na morfologii terénu. Rozsah sklonu podélného uložení drénů bude cca 7 až 14%. Sklon příčného uložení drénů by mělo být cca v průměru 22%. Šachty

budou podbetonovány a obsypány ochrannou vrstvou šterkopísku. Vyústění drenáží bude vedeno pod kamenným záhozem nad úrovní hladiny vody. Nevyhovující je také odvodňovací soustava podél traťové vlečky ve směru na Novosedlice nacházející se jihovýchodně od cesty na okraji nádraží jen 15 m od koruny sesuvu. Stálá akumulace povrchové vody v korytě, jeho zanešení a zarůstání náletem je možná příčina zatékání dalších vod do svahu. V tomto případě je potřeba po dohodě s ČD zajistit také sanaci a obnovení funkce povrchového odvodnění trati. Nelze jen vyčistit koryto a obnovit jeho funkci, ale je nutno zajistit jeho dlouhodobou nepropustnost. Navržené opatření je založeno na kompletní výměně svodového systému odstraněním betonových korytových tvarovek a náhradou za plastové žlaby osazené ve vyhovujícím spádu tj. asi 3 až 5 %. U svahu směrem k silnici 30%. Břehy upravit pro osazení zemní fólie a zatížit vegetačními tvarovkami. Napojení do prvního lapolu u propusti pod tratí bude upraveno vybráním naplaveného bahna až na samotné dno objektu pokud tam nějaké je. V případě že pevné dno bude chybět je nutno provést jeho obnovu betonem nebo zdusanou vrstvou šterkodrti s vrchní vrstvou šterkopísku. Do takto připraveného lapolu bude na míru vyrobena šachtice z plastu s vyústěním pro napojení průběžného žlabu a boční napojení na plastové potrubí prosunuté betonovým propustkem. Dále bude plastový žlab s upraveným břehem ve spádu pokračovat k zaústění do dešťové kanalizace pod silnici I/8 na Ruské ulici.

10.4 Sanace a stabilizace terénu

Sanační práce a stabilizace terénu mohou být provedeny v letním období s ohledem na množství srážek. Provedení prací je závislé na vodou nasyceném terénu. Vlastní práce na úpravě terénu nastanou až po zhotovení drenáží ve spodní části sanované oblasti. Horní části svahu je třeba nejprve odtěžit a selektivně odklidit písčité a šterkovité zeminy použitelné pro další úpravu. Ostatní jílovité zeminy budou uloženy na deponii. Pro sklon svahu v poměru 1:2,5 až 1:3, je zde nedostatek prostoru, což způsobuje sesouvání. Ochranné pásmo železnice je od okraje cesty v místech jejího poklesu jen 15 m od kolejí. Úpravou terénu bude částečné zasypání zátoky a možná i částečná přeložka komunikace. Při úpravě a rozhrnování akumulovaných zemin ve spodní části svahu bude realizován násep z hrubého lomového kamene frakce 63 – 250 mm o celkové délce 88 m. Postup prací se bude provádět po jednotlivých úsecích o maximální délce 5 až 7 m o průměrné mocnosti náspu 10 m. Hrubý násep zajistí stabilitu břehu a bude blokovat další sesuv. Pod

náspem je třeba osadit drenážní potrubí se zaústěním do vodní retence. Další zatěžovací lavice z místního štěrkového a písčitého materiálu o mocnosti 3 až 5 m zajistí stabilitu svahu nad náspem. Jednotlivé materiály budou odděleny několika vrstvami geotextilie, aby nedošlo k jejich promísení. Boční krajnice budou zajištěny štěrkovými žebry. Žebra budou zároveň plnit drenážní funkci. Fixace bočního kraje je důležitá a má význam pro pozdější navázání při dalších sanačních pracích. Zatím co patní násep z lomového kamene byl volně ukládán, ostatní zeminy bude třeba hutnit po vrstvách pojezdem mechanizace a jinou hutnící technikou. Mocnost jednotlivých hutněných vrstev je 0,3 až 0,5 m. Uložená ornice bude zpětně navezena a zhutněna v souvislé mocnosti 0,5 m. Výsadba bude situována po směru vrstevnice s protierozním zajištěním hatěmi a jutovou rohoží. Typ výsadby je závislý na místních podmínkách s ohledem na podnebí a kvalitu půdy. Skladba výsadby bude odpovídající stávajícímu porostu.

10.5 Deponie

Pro realizaci dočasné deponie bylo vytipované místo bývalého železničního překladiště prostoru poblíž napojení komunikace na silnici I/8. Prostor pro ukládání je vybrán s ohledem na rovný terén a krátkou vzdálenost od stavby. Deponovaný materiál v prostoru překladiště bude rozdělen na ornici a ostatní zeminu. Ornice bude po úpravách terénu zpětně použita jako kulturní vrstva pro biologickou rekultivaci.

10.6 Postrekultivační dohled a monitoring

Postrekultivační dohled je po provedených stavebních úpravách nezbytný. Funkci dohledu zpravidla vykonává zhotovitel, ale může ho také po dohodě a předání díla vykonávat objednatel. Dohled má zásadní význam pro posuzování kondice výsadby, funkčnosti drenážního systému a uspokojivému průběhu sukcesivních procesů. Výsadbu je třeba obhospodařovat, v dobách sucha zavlažovat s případným hnojením nebo zasahovat postřikem proti škůdcům. Již v době výsadby a během zakořenění určitý objem dřevin uhynie a je potřeba zajistit jejich náhradu. Prostor by měl být takto ošetřován přibližně 5 let. Součástí dohlídky je i monitoring upraveného svahu. Je pravděpodobné, že stávající monitorovací vrty při rekultivačních pracích budou likvidovány a pro další monitoring svahu bude třeba zhotovit nové. Jejich počet a poloha musí zajistit kontrolu upraveného svahu. Vhodný počet by mohl být až 4 inklinovrty a 1 hydrovrt, s hloubkou odpovídající

hloubce předešlých vrtů. Doba monitoringu bude stanovena podle rizikovosti případného pohybu v intervalech nejdéle 1 krát za 3 měsíce. Monitoring úrovně hladiny vody bude prováděn souběžně.

11. TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

11.1 Technické zhodnocení

Způsob opatření vedoucí k zabezpečení svahu byl vybrán jako technicky nejméně náročný. Realizací navržené morfologické úpravy svahu se zajistí rovnovážný stav zajišťující stabilizaci sesuvu. Pracovat se bude především s místním materiálem. Dovezeno bude kamenivo na zatěžovací lavici a zbudování cest, geotextilie a drenážní prvky. Zásah techniky bude omezen jen na nejvíce ohrožený prostor sesuvu. Drenážní systém je důležitou součástí výstavby a odvodnění je nezbytné pro zachování stability celého upravovaného prostoru. Víceúčelové využití by měla mít také stávající komunikace s přípojem pracovních cest. Bude plnit funkci zejména funkci cyklostezky a i lesní cesty k plnění hospodářské činnosti. Rekultivační výsadba začlení stavebně upravené území do stávajícího lesního porostu, zejména bude zamezeno širšímu ohrožení oblasti sesuvnými jevy.

11.2 Ekonomické zhodnocení

Jak jsem již v práci konstatoval, dobývací práce na území bývalého lomu Liebig byly ukončeny v roce 1965. Úředně schválenou likvidací započala prvotní rekultivační činnost. Rekultivační práce měli dočasný charakter, protože se předpokládala další těžba kolem roku 2020 a po té by byl celý prostor vyplněn výsypkou. K realizaci již nedojde. Potřeba řešit následky ekologických škod přimělo Českou vládu přijmout kroky, které by umožnily realizovat nápravu vzniklých škod. Dne 16. ledna 2002 přijala vláda Usnesení č. 50, v němž odsouhlasila postupné vyčlenění částky 15 mld. Kč z privatizačních výnosů, jako účast státu na nákladech revitalizace krajiny narušené těžební činností státních hnědouhelných podniků na území Ústeckého kraje. [35]. Financování se tak týká i Teplické oblasti bývalých dolů. Investiční úkol bude financovat Palivový kombinát Ústí s.p. z pozice zadavatele veřejné zakázky na základě zákona č. 134/2016 Sb. o zadávání veřejných zakázek. Řešení úkolu a procesní zásady budou stanoveny na základě Směrnice mezirezortní komise schválené dne 29. března 2018. pro řešení odstraňování starých ekologických zátěží [31]. Průběh realizace zakázky se řídí obecně platnými předpisy zvláště pak zákonem číslo č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu a jeho prováděcími předpisy.

Tab. č. 12 Kalkulace nákladů na výstavbu dle katalogu popisů a směrných cen stavebních prací ÚRS Praha, Katalogy HSV 2017: Zemní práce, Plochy a úprava území, Rekultivace [41, 42].

Položka	Popis	m.j.	Jednotka celkem	Cena za jednotku Kč	Cena celkem Kč
11210-1101	Kácení stromů listnatých od 100 do 300 mm	ks	300	129,-	38700,-
11220-1101	Odstranění pařezů od 100 do 300 mm	ks	300	244,-	73200,-
12110-1103	Sejmutí ornice nebo lesní půdy od 100 do 250 m	m ³	850	44,80	38076,-
16230-1101	Vodorovné přemístění výkopku nebo sypaniny po suchu	m ³	850	67,20	57120,-
16710-1102	Nakládání, skládání a překládání neuhel. výkopku nebo sypaniny přes 100m ³ hornin	m ³	850	55,10	46835,-
18210-1101	Svahování trvalých svahů do projektovaných profilů s potřebným přemístěním výkopku při svahování, tř. 4	m ²	4435	39,40	174739,-
12775-3302	Vykopávky v zeminách pod vodou dozerem, s vodorovným přemístěním a jeho složení, 50-100 m	m ³	14130	230,-	3249900,-
13110-1103	Hloubení nezapažených jam a zářezů, hornin tř. 4 1000-5000 m ³	m ³	3230	117,-	377910,-
13130-1109	Příplatek za lepivost horniny tř. 4	m ³	3230	42,40	136952,-
17520-3102	Prísyp těsnicí fólie nebo geotextilie v objektech vodních staveb	m ³	668	64,40	43019,-
16230-1101	Vodorovné přemístění výkopku nebo sypaniny po suchu	m ³	3230	67,20	93024,-
17420-3303	Zásyp rýh pro drény, hloubka přes 1,30 až 2,00 m	m	580	10,10	5858,-
17110-3201	Uložení netříděných sypanin z hornin tř. 1 až 4 do zemních hrází	m ³	3230	83,80	270674,-
18230-1126	Rozprostření, urovnání ornice ve svahu 300-400 m	m ²	5666	128,-	725248,-
56448-2111	Zřízení podkladu vozovky z kamenouhelných hlušin 0,20 až 0,30 m	m ²	1440	44,-	63360,-
18211-1111	Zpevnění svahů jutovou, kokosovou nebo plastovou rohoží 1:2 do 1:1	m ²	5666	119,-	674254
18315-1132	Hloubení jam pro výsadbu dřevin strojně ve svahu 1:5 do 1:2, objem 0,20 do 0,30 m ³	ks	300	140,-	42000,-
18410-2112	Výsadba dřevin s balem do předem vyhloubené jamky se zalitím ve svahu 1:5 do 1:2	ks	300	92,-	27600,-
BASALT	Kamenivo 63-125	m ³	216	402,-	86832,-
BASALT	Kamenivo 32-63	m ³	1696	337,-	571552,-
BASALT	Lomový kámen	m ³	14130	299,-	4224870,-
MIDAS	Šachta revizní, plast 315 x 2000 mm	ks	3	2400,-	7200,-
MIDAS	Drenážní, zátěžová trubka 300 x 600 mm	ks	97	3414	330020,-
MIDAS	Geotextilie, pl. hmotnost 200g.m ⁻² , 2x50 m (100 m ²)	m ²	2310	15,70	36267,-
AGROTEX	Protierozní rohož kokos 400g/2x50m (100m ²)	m ²	4400	30,50,-	134200,-
AGROTEX	Ocelová kotvící skoba	lks	1200	3,90,-	4680,-
	Cena celkem bez DPH				11534090,-
	Cena celkem s DPH 21%				13956249,-

Směrnice ukládá zhotoviteli díla povinnost oceňovat stavební práce dle platných katalogových cen URS PRAHA a.s. Výjimkou jsou práce, které se v ceníku nenacházejí. Ty se oceňují cenou obvyklou. Katalog popisů a směrných cen stavebních prací URS PRAHA a.s. jsem využil při sestavování rozpočtu pro sanační a rekultivační práce sesuvem postiženého území, tak jak je patrné ve výše uvedené (tab. č. 12). **Jak je patrné z uvedené tabulky náklady na sanační a rekultivační práce jsou cca 14 mil. Kč.**

12. NÁVRH VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Rekultivované území bude rekreačně využito. Územní systém ekologické stability zde není navržen. Území již dříve bylo využíváno ke sportovnímu lovu ryb a provozování myslivosti. Na tyto činnosti nemá stávající sesuv podstatný vliv. V případě navrhované cyklostezky na místě stávající komunikace z Teplic do Újezdečka je důležité, aby byl sesuv stabilizován a bylo možné provést úpravu jak podloží, tak i povrchu této cesty. V návrhu by mohla být i stavba odpočívadla s informační tabulí. Cyklostezka by měla být vedena ve směru Dubí – Teplice odbočkou ze silnice I/8 (Ruská ulice) za čerpací stanicí podél zatopeného lomu (Stříbrný rybník) v úrovni (268 m n. m.) do prostoru bývalého překladiště kde bude již zmiňované odpočívadlo (255 m n.m). Dále povede lesní cestou pod železničním viaduktem směrem do Újezdečka napojením na ulici Krušnohorská (261 m n. m.). Trasa nepřekonává žádné výraznější výškové rozdíly. Převýšení trasy je 13 m. Bude využita i provozní komunikace na svahu vedoucí ke břehu retence. Cyklostezka bude sloužit cyklistice, chodcům a v nezbytných případech pro potřeby vjezdu firem a institucím zabezpečujících např. rybářství, lesnictví, postrekultivační proces, apod. Stávající komunikace je natolik poškozena poklesy a trháním krajnice, že není reálná lokální oprava poškozených úseků. Úsek cyklostezky bude nutno obnovit v celé navrhované délce 1,5 km. Zvolený typ cesty musí odpovídat prostředí. Cesta bude 3 m široká z kaleného štěrku v tomto složení:

- 10 cm kamenivo 63/125 mm
- 10 cm kamenivo 32/63 mm
- kryt - posyp lomovou výsivkou s příměsí hlíny v množství $2 \times 35 \text{ kg.m}^{-2}$.

Odvodnění cesty bude zajištěno jednostranným drenážním příkopem s odvodem vody mimo cestu v kombinaci s příčnými svodnicemi opatřenými přejezdovými rošty.

13. ZÁVĚR

Problematika svahových sesuvů je skoro vždy složitá a jednotlivá sesuvem postižená území nelze řešit univerzálně. Každé území vyžaduje specifický přístup nápravy a opatření. Úkolem zadaným v diplomové práci je řešení sesuvů svahu bývalého uhelného lomu Liebig (dnes již zatopeného) pod žst. Lesní Brána a nepoužívanou tratí ČD, v oblasti mezi městem Teplice a obcí Újezdeček. Součástí této práce je i návrh příslušných rekultivačních prací tohoto území.

V diplomové práci popisují současný stav lokality a jejího okolí, popisují oblast z hlediska geologie, hydrogeologie a geotechniky. Zmiňují i historii zdejší těžby uhlí a její ukončení. Popisují sesuv svahu, který v oblasti nastal již po roce 1975. Sesuvy v oblasti jsou aktivní do současnosti. Povaha sesuvů sice výrazně neohrožuje blízké okolí, ale zanedbání stabilizace svahu by mohlo později ohrožovat přilehlé nádraží a silnici I/8. Soubor opatření a následně i prací které navrhuji povedou ke stabilizaci svahu ale také i k dalšímu využití území. V rámci prvotního průzkumu jsem ohledal a zmapoval terén. Prostudoval jsem zprávu o sanaci a doprůzkumu [6], zprávu o zhotovení průzkumných vrtů [17]. Provedl jsem průzkum okolí se zaměřením na faktory ohrožující stabilitu svahu. Prostudoval jsem projektovou dokumentaci Rekultivace teplické oblasti – II etapa, posudek stability svahů a Sanace sesuvů Liebig – doprůzkum. Na základě znalosti stabilitních podmínek a vstupních výpočetních parametrů zemin z minulosti kdy se touto problematikou zabýval Mudroch [22, 23] později pak i Kurka a kol. [6] jsem provedl zpětný výpočet na labilní rovnováhu a definuji okrajové podmínky. Navrhl jsem půdorys upraveného svahu a souhrn řezů svahu (viz příloha č. 2, 3). Navrhl jsem sanační opatření, popsal posloupnost a způsob stavebních prací. Navrhl jsem typ použitelné rekultivace a popsal způsob jejich provedení. Provedl jsem ekonomické hodnocení s vyčíslením přibližných nákladů. Dále navrhuji způsob využití komunikace mezi Teplicemi a Újezdečkem, která plní funkci pro potřeby údržby lesních pozemků a vodní retence (Stříbrný rybník). Komunikace bude vhodná také pro pěší turistiku nebo cyklistiku. Při navrhování svahu jsem zjistil, že zde vzniká problém s nedostatečnou vzdáleností mezi korunou svahu a ochranným pásmem železnice tj. 15 m. Pásmo a sklon svahu zde byl zřejmě stanoven dočasně. Úpravou vyhovujícího sklonu bude nutné při modelaci zasáhnout do ochranného pásma železniční vlečky. Vlečka se nachází jihovýchodně na

samotném okraji nádraží a v současnosti se již nevyužívá. Zásahem bude ohrožena trasa stávající cesty, kterou bude nutno částečně přeložit. Odtěženou zeminu při tak velkém objemu (cca 14 130 m³) nebude možno skladovat na dočasné deponii, proto navrhuji zasypání zátoky pod hranicí zádržného náspu. Další jen teoretická možnost je varianta zachování vlečky i původní polohy cesty a problémovou vzdálenost rozšířit o 10 - 15 m na celkovou šíři až 30m dosypem svahu vhodným přidaným materiálem a upravit svah obdobným způsobem jako v předchozím návrhu.

Seznam použité literatury:

- [1] Autorský kolektiv. Atlas podnebí Česka. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav v Praze a Universita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1 ČHMÚ, ISBN 978-89/0-244-1626-7 UP.
- [2] ČADEK J., HAZRDOVÁ M., KAČURA G., KRÁSNÝ J., MALKOVSKÝ M. Hydrogeologie teplických a ústeckých term, Sborník geologických věd, řada hydrogeologie, svazek 6, Academia, nakladatelství ČSAV Praha 1968.
- [3] JEDLIČKA M., KOŽÍŠEK J. Provozně geologická příručka, SNTL, Praha 1981
- [4] KETTNER R. Všeobecná geologie IV., Nakladatelství Československé Akademie Věd Praha 1955.
- [5] KRYL V., FROHLICH E., SIXTA J. Zahlazení hornické činnosti a rekultivace, Institut hornického inženýrství a bezpečnosti, VŠB-TUO Ostrava 2002, ISBN 80-248-0111-6.
- [6] KURKA J. SCHAFFNER D., ŠTROSOVÁ M. Sanace sesuvů Liebig – doprůzkum, (závěrečná zpráva o výsledcích doprůzkumu) zakázka č. 17/013 pro Palivový Kombínát Ústí, s.p.
- [7] LUXA J. a kol. Doly Bílina, Vydavatelství a reklamní agentura NIS, Teplice 1997.
- [8] MALKOVSKÝ M. et al. Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí, Oblastní regionální geologie ČSR, Ústřední ústav geologický 1985, nakladatelství ČSAV Praha 1985.
- [9] MAKARIUS R., LUKS J. Horní právo: stanoviska k zákonu č. 44/1988 Sb. a zákonu č. 61/1988 Sb. Ostrava: MONTANEX a.s. 1999 ISBN 80-7225-031-0.
- [10] MILIČ L., ENDEL K., GONDEK H. Odvodňování lomů a dolů, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1989.
- [11] RŮŽIČKA J. a kol. Základy inženýrského stavitelství II., vydavatelstvo ROH – Práce, Praha 1954, 301 05 88 – 47759/4/52/III/2.
- [12] STANEK J. Hornická mechanika zemin, Ediční středisko VŠB, Ostrava 1989.
- [13] SVOBODA J., BENEŠ K. Petrografie uhlí, ČSAV Praha 1955
- [14] ŠANCER J., PETROŠ V. Mechanika hornin a zemin, Ostrava 2009, ISBN 978-80-248-1962-4.
- [15] ŠTÝS S., HELEŠICOVÁ L. Proměny měsíční krajiny, Nakladatelství Bílý slon 1992, ISBN 80-901291-0-2.
- [16] ŠTÝS S. a kol. Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1981. 04-417-81.
- [17] VRZÁK F. Závěrečná technická zpráva Stříbrný rybník u Teplic, IGP, Technické vrtné práce, Tachovice 2017.
- [18] ZÁRUBA Q., MENCL V. Inženýrská geologie, ČSAV Praha 1954.

- [19] ZÁRUBA Q., MENCL V. Sesuvy a zabezpečování svahů, druhé přepracované vydání, Academia Praha 1987, 21-033-87
- [20] ZAHŘÁDKA V., ŠÁDEK B. a kol. Duchcovsko – Podmokelská dráha, Nakladatelství Bílý slon 2001.
- [21] Závěrečná zpráva projektu VODAMIN
- [22] MUDROCH J. (1975a): Rekultivace teplické oblasti- II. etapa, zak. č. 151/5488, arch. č. 25-9-5066, SHR-Báňské projekty Teplice (archiv B-PROJEKTY Teplice, s.r.o.)
- [23] MUDROCH J. (1975b): Posudek stability svahů zbytkové jámy lomu Liebig, zak. č. 152/6143, arch. č. 25-9-5083, SHR – Báňské projekty Teplice (archiv B-PROJEKTY Teplice, s.r.o.)
- [24] HRUBCOVÁ J. (1990): Rekultivace svahů lomu ČSM – Geomechanický posudek, zak. č. 197/2916, arch. č. 25-9-12518, SHR – Báňské projekty Teplice (archiv B-PROJEKTY Teplice, s.r.o.)
- [25] ZMÍTOKO J. (1998): Sanace svahu lomu ČSM 5. etapa – závěrečná, Závěrečná inženýrskogeologická zpráva o vývoji a současném stavu zájmové lokality, zak. č. 7653/AD, arch. č. AG-6-02252, Báňské projekty, a.s. (archiv B-PROJEKTY Teplice, s.r.o.)
- [26] Svahové deformace - výukové multimediální texty [online]. Ostrava, 2004 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/svadev/>
- [27] Informační systém EIA [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr
- [28] ČÚZK [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>
- [29] AZ Consult spol. s r.o. [online]. Ústí nad Labem, 2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <https://www.azconsult.cz/>
- [30] Palivový kombinát Ústí, s. p. [online]. Ústí nad Labem, 2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <https://www.pku.cz/>
- [31] Směrnice k řešení ekologických škod vzniklých před privatizací těžebních hnědouhelných společností v Ústeckém a Karlovarském kraji | 2018 | Ministerstvo financí ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/legislative/legislativni-dokumenty/2018/smernice-k-reseni-ekologickych-skod-vzni-31881>
- [32] Zákon č. 44/1988 Sb. Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- [33] Zákon č. 41/1957 Sb. Zákon o využití nerostného bohatství (horní zákon)
- [34] Vyhláška ČBÚ č. 26/1989 Sb.
- [35] USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY ze dne 16. ledna 2002 č. 50 ke Zprávě o hospodářské situaci Ústeckého kraje
- [36] Zákon č. 134/2016 Sb. Zákon o zadávání veřejných zakázek

- [37] Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [38] Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:5000, Teplicko-Ústecká část, zak. č. 101/0198, arch. č. BP-21-3-2822, SHR – Báňské projekty Teplice (archiv B-PROJEKTY Teplice, s.r.o.)
- [39] PAŠEK, J., MATULA, M., Inženýrská geologie. II. Praha: [s.n.], 1995.
- [40] Zemní práce 800-1: katalog popisů a směrných cen stavebních prací. Praha: ÚRS Praha, 2001.
- [41] Zemní práce 800-1: katalog popisů a směrných cen stavebních prací. Praha: ÚRS Praha, HSV 2017.
- [42] Plochy a úprava území 823-1, Rekultivace 823-2: katalog popisů a směrných cen stavebních prací. Praha: ÚRS Praha, HSV 2017.

Seznam zkratk:

SHP – Severočeská hnědouhelná pánev

SHR – Severočeský hnědouhelný revír

Seznam obrázků:

Obr. č. 1 Mapa širšího okolí zájmového území (zdroj: Geoportál CUZK)	4
Obr. č. 2 Mapa širšího okolí zájmového území (zdroj: Geoportál CUZK)	5
Obr. č. 3 Letecký snímek zájmového území z r. 1953 (zdroj: portál CENIA)	6
Obr. č. 4 Letecký snímek zájmového území z r. 2015 (zdroj: portál CENIA)	6
Obr. č. 5 Výřez odkryté geologické mapy měř. 1 : 5000, zpracované v r. 1990 firmou Geoindustria Dubí	10
Obr. č. 6 Inklinometrický vrt IK - 1.....	13
Obr. č. 7 Výřez mapy revíru Friedricha Wolfa z roku 1879	16
Obr. č. 8 Fotografie lomu Liebig (pravděpodobně r. 1965 v době ukončení těžby)[7].....	17
Obr. č. 9 Výřez mapy sloje s vyznačením důlní činnosti (Účelová hydrogeologická mapa SHR – [38])	19
Obr. č. 10 Stav území v roce 1975.....	34
Obr. č. 11 Profil I, stabilita při použití parametrů dle [6]	39
Obr. č. 12 Profil II, stabilita při použití parametrů dle [6]	40
Obr. č. 13 Profil I, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (kritická smyková plocha)	40
Obr. č. 14 Profil II, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (kritická smyková plocha)	41
Obr. č. 15 Profil I, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (smykové plochy s $F_s < 1,05$)	41
Obr. č. 16 Profil II, zpětný výpočet na labilní rovnováhu (smykové plochy s $F_s < 1,05$)	42

Seznam tabulek:

Tab. č. 1 Hodnoty některých klimatických charakteristik	7
Tab. č. 2 Přehled archivních vrtů.....	28
Tab. č. 3 Výsledky laboratorních zkoušek zemin z r.1975 [22, 23]	29
Tab. č. 4 Výsledky indexových zkoušek zemin z r.2017 [6]	30
Tab. č. 5 Výsledky smykových zkoušek zemin z r.2017 [6]	30
Tab. č. 6 Výsledky prosévací zkoušky zemin z r. 2017 [6]	31
Tab. č. 7 Úrovně hladiny vody v zatopeném lomu (Stříbrný rybník) [6]	36
Tab. č. 8 Vstupní výpočetní parametry zemin dle [22, 23]	37
Tab. č. 9 Vstupní výpočetní parametry zemin dle [6]	37
Tab. č. 10 Vymezení výpočetních profilů	38
Tab. č. 11 Odvozené parametry zemin dle zpětné analýzy.....	42
Tab. č. 12 Kalkulace nákladů na výstavbu dle katalogu popisů a směrných cen stavebních prací ÚRS Praha, Katalogy HSV 2017: Zemní práce, Plochy a úprava území, Rekultivace	55

Seznam příloh:

- Příloha č. 1 Důlně – hydrogeologická mapa SHR, Oblast Teplice, Vymezení plochy sanovaného území.
- Příloha č. 2 Návrh úpravy svahu
- Příloha č. 3 Návrh úpravy svahu, řezy A až G
- Příloha č. 4 Stav území v roce 1975
- Příloha č. 5 Profil vrtů
- Příloha č. 6 Účelová geologická mapa po bázi kvartéru